



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERIA AGRONOMICA

**“PROSPECCIÓN GEOLÓGICA PARA ORO MEDIANTE ANÁLISIS
GEOQUIMICO DE SUELOS Y ROCAS EN EL SECTOR YUNGANTZA
PARA INFERIR UNA POSIBLE RELACIÓN A YACIMIENTOS
EPITERMALES”**

TRABAJO DE TITULACIÓN
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE INGENIERO EN GEOLOGIA Y MINAS**

RAMONES TAPIA JORGE LUIS

MACAS- ECUADOR

2017

INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



ESPOCH

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EXTENSIÓN MORONA SANTIAGO


INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los que suscribimos en el presente documento, en calidad de miembros del Tribunal del Trabajo de titulación del Señor Ramones Tapia Jorge Luis, estudiante de la carrera de Geología y Minas, Facultad de Recursos Naturales, Extensión Morona Santiago, una vez que hemos revisado y comprobado la culminación del proyecto técnico; con el tema "PROSPECCIÓN GEOLÓGICA PARA ORO MEDIANTE ANÁLISIS GEOQUÍMICA DE SUELOS Y ROCAS EN EL SECTOR YUNGANTZA PARA INFERIR UNA POSIBLE RELACIÓN A YACIMIENTOS EPITERMALES", se aprueba el informe del trabajo de titulación y certificamos que se encuentra apto para la defensa oral finalizado en un 100%. Firmamos expresando mediante este documento como idóneo para realizar el proceso de defensa pública.

Es todo cuanto podemos certificar en honor a la verdad

Macas, julio 26 del 2017


Ing. Marco Mejía Flores Mgs.
DIRECTOR


Ing. David Granja Guato Mgs.
MIEMBRO

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **Ramones Tapia Jorge Luis**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes y el documento que proviene de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Macas, 16 de agosto de 2017.



Jorge Luis Ramones Tapia

C.I. 140071948-8

AGRADECIMIENTO

Quiero dar un agradecimiento muy especial a la universidad EPOCH por abrirme las puertas, donde a través del conocimiento que me brindaron los docentes y el apoyo de mis compañeros pude prepararme no solo como profesional sino también como persona.

También quiero agradecer a los ingenieros Marco Mejía y David Granja, quienes fueron un pilar fundamental en la ejecución de mi trabajo de titulación.

Como no podía faltar el agradecimiento a mis padres Carlos Ramones y Sonia Tapia por su gran apoyo económico y moral; además quiero agradecer a mis hermanos, a mis amigos y familiares que siempre estuvieron brindándome su apoyo y sus buenos deseos en la ejecución de mis actividades académicas.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
1. MARCO REFERENCIAL	4
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. JUSTIFICACIÓN	4
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.4. HIPÓTESIS	6
1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.6. GENERALIDADES	6
1.6.1. UBICACIÓN.....	6
1.6.2. ACCESO	7
1.6.3. CLIMA	8
1.6.4. FLORA Y FAUNA	8
1.6.5. ASPECTO SOCIOECONOMICO	8
CAPITULO II	9
2. MARCO TEORICO	10
2.1. GEOLOGIA REGIONAL	10
2.1.1 Formación Hollín (Cretácico).....	12
2.1.2 Formación Napo (Cretácico)	12
2.1.3 Formación Tena (Cretácico Superior – Paleoceno Inferior).....	12
2.1.4 Unidad Misahualli (Jurásico – Cretácico)	13
2.2. GEOMORFOLOGIA	13
2.3. TECTÓNICA	15
2.4. GEOQUÍMICA DE PROSPECCIÓN	15
2.5. GEOQUIMICA DEL ARSENICO	16
2.6. ANTIMONIO GEOQUIMICA Y MINERALOGIA	16
2.7. ESTUDIO PRELIMINAR	16
2.7.1. ESTUDIO DETALLADO	17
2.7.2. TIPOS DE MUESTRAS	18
2.7.3. CONCEPTOS BÁSICOS	19
2.8. ELEMENTO INDICADOR, ELEMENTO EXPLORADOR	20

2.9. ANOMALÍA GEOQUÍMICA.....	21
2.9.1. ANOMALÍA EPIGENÉTICA EN LA ROCA DE CAJA.....	22
2.9.2. ANOMALÍA CAUSADA POR DIFUSIÓN DE ELEMENTOS	23
2.9.3. ANOMALÍA DE CORROSIÓN O DE LIXIVIACIÓN	23
2.10. MINERALIZACIÓN PRIMARIA Y HALO GEOQUÍMICO SECUNDARIO .24	
2.11. MECANISMO DE PRECIPITACIÓN DEL ORO PRIMARIO	25
2.12. TRANSPORTE DEL ORO PRIMARIO	26
2.13. FONDO, VALORES NORMALES DEL FONDO, VALOR UMBRAL.....	26
2.13.1. BACKGROUND O VALOR DE FONDO	27
2.13.2. UMBRAL ANOMÁLICO O THRESHOLD	27
2.14. MÉTODO GEOQUÍMICO	28
2.15. METODO ANALÍTICO.....	28
2.15.1. ESPECTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA.....	28
2.16. DEPOSITOS MINERALES Y SU CLASIFICACIÓN.....	29
2.16.1. DEPÓSITOS HIDROTERMALES	29
2.16.2. DEPÓSITOS EPITERMALES.....	31
<i>CAPITULO III.....</i>	<i>34</i>
<i>3. METODOLOGÍA.....</i>	<i>35</i>
3.1. DOCUMENTACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INOFORMACIÓN	35
3.2. ELABORACION DE MAPAS PRELIMINARES	35
3.3. TRABAJO DE CAMPO	37
3.3.1. GEOLOGÍA LOCAL	37
3.3.2. MINERALIZACIÓN	44
3.3.3. MUESTREO DE ROCAS	45
3.3.4. MUESTREO DE SUELOS	49
3.4. TRABAJO DE LABORATORIO.....	54
3.4.1. ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE ROCAS Y SUELOS	56
3.5. TRABAJO DE OFICINA	59
3.5.1. ELABORACION DE MAPAS DE ANOMALIAS DE SUELOS	59
3.5.2. ELABORACION DE MAPAS DE ANOMALIAS DE ROCAS	60
3.5.3. ELABORACION DEL MAPA GEOLÓGICO	61
<i>CAPITULO IV.....</i>	<i>63</i>
<i>4. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS</i>	<i>64</i>
4.1. TABULACION DE ENSAYOS	64
4.2. PROCESAMIENTO DE DATOS	65

4.2.1. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	66
<i>CAPITULO V</i>	76
<i>5.1. CONCLUSIONES</i>	77
<i>5.2. RECOMENDACIONES</i>	78
<i>CAPITULO VI</i>	79
6.1. ABSTRAC	80
6.2. RESUMEN	81
<i>CAPITULO VII</i>	1
<i>7.1. BIBLIOGRAFÍA</i>	2
<i>7.2. ANEXOS</i>	4

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.1: Puntos del área de estudio.</i>	7
<i>Tabla 1.2: Tabla de Elementos Indicadores y Exploradores.</i>	20
<i>Tabla 2.2: Tabla de tipos de yacimientos y elementos asociados.</i>	21
<i>Tabla 1.3: Tabla de ficha de muestreo de roca.</i>	48
<i>Tabla 2.3: Ficha de muestreo de suelo.</i>	54
<i>Tabla 1.4: Tabla de resultados de las concentraciones de Arsénico y Antimonio.</i>	65
<i>Tabla 2.4: Concentración de Arsénico en suelo</i>	67
<i>Tabla 3.4: Cálculos estadísticos de arsénico en suelo.</i>	67
<i>Tabla 4.4: Concentración de Arsénico en roca.</i>	68
<i>Tabla 5.4: Cálculos estadísticos de arsénico en roca.</i>	68
<i>Tabla 6.4: Concentración de Antimonio en suelo.</i>	69
<i>Tabla 7.4: Cálculos estadísticos de Antimonio en suelo.</i>	69
<i>Tabla 8.4: Concentración de Antimonio en roca.</i>	70
<i>Tabla 9.4: Cálculos estadísticos de Antimonio en roca.</i>	70
<i>Tabla 10.4: Cálculos estadísticos de la linea de tendencia central de As y Sb en suelo.</i>	73
<i>Tabla 11.4: Cálculos estadísticos del coeficiente de correlación de Pearsson entre As y Sb en suelo.</i>	73
<i>Tabla 12.4: Cálculos estadísticos de la linea de tendencia central de As y Sb en rocas.</i>	74
<i>Tabla 13.4: Cálculos estadísticos del coeficiente de correlación de Pearsson entre As y Sb en roca.</i>	75

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.1: Área de estudio</i> -----	7
<i>Figura 1-2: Mapa geológico regional</i> -----	11
<i>Figura 2.2: Mapa Morfológico del área de estudio.</i> -----	14
<i>Figura 3.2: Génesis de los yacimientos epitermales.</i> -----	33
<i>Figura 1.3: Mapa topográfico del área de estudio.</i> -----	36
<i>Figura 2.3: Malla de muestreo de rocas.</i> -----	46
<i>Figura 3.3: Malla de muestreo de suelos.</i> -----	50
<i>Figura 4.3: Mapa de anomalía en suelo.</i> -----	60
<i>Figura 5.3: Mapa de anomalías en roca.</i> -----	61
<i>Figura 6.3: Mapa Geológico local.</i> -----	62
<i>Figura 1.4: Distribución de Arsénico en suelo.</i> -----	71
<i>Figura 2.4: Distribución de Arsénico en roca.</i> -----	71
<i>Figura 3.4: Distribución de Antimonio en suelo.</i> -----	72
<i>Figura 4.4: Distribución de Antimonio en roca.</i> -----	72
<i>Figura 5.4: Distribución de Antimonio en roca.</i> -----	74
<i>Figura 6.4: Distribución de Antimonio en roca.</i> -----	75

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<i>Fotografía 1.3: Toma de dato estructural en esquisto.</i> -----	37
<i>Fotografía 2.3: Toma de dato estructural en esquisto con mineralización de calcopirita.</i> -----	38
<i>Fotografía 3.3: Toma de dato estructural del contacto entre cuarcita y esquisto.</i> -----	39
<i>Fotografía 4.3: Toma de dato estructural en bloques de cuarcita.</i> -----	40
<i>Fotografía 5.3: Toma de dato estructural de contacto entre cuarcita y esquisto.</i> -----	41
<i>Fotografía 6.3: Toma de dato estructural de contacto entre esquisto y cuarcita.</i> -----	41
<i>Fotografía 7.3: Toma de dato estructural en bloque granítico.</i> -----	42
<i>Fotografía 8.3: Toma de dato estructural del intrusivo y esquisto.</i> -----	43
<i>Fotografía 9.3: Toma de dato estructural entre cuarcita, esquisto y dique intrusivo.</i> -----	43
<i>Fotografía 10.3: Toma de dato estructural entre intrusivo y caliza.</i> -----	44
<i>Fotografía 11.3: Bloque cuarcítico con vetillas de cuarzo y calcopirita.</i> -----	45
<i>Fotografía 12.3: Macizo rocoso plegado, identificado para toma de muestra.</i> -----	47
<i>Fotografía 13.3: Toma de muestra en afloramiento, muestra a ser cuarteada</i> -----	47
<i>Fotografía 14.3: Toma de muestra en afloramiento, muestra pesada y codificada.</i> -----	48
<i>Fotografía 15.3: Toma de muestra en suelo, limpieza de la cobertura vegetal.</i> -----	50
<i>Fotografía 16.3: Toma de muestra en suelo, limpieza de la cobertura vegetal.</i> -----	51
<i>Fotografía 17.3: Toma de muestra en suelo, muestra a ser cuarteada.</i> -----	51
<i>Fotografía 18.3: Toma de muestra en suelo, medición de la profundidad de la excavación.</i> -----	52
<i>Fotografía 19.3: Toma de muestra en suelo, extracción, cuarteo y pesado de la muestra.</i> -----	52
<i>Fotografía 20.3: Toma de muestra en suelo, muestra codificada y georreferenciada.</i> -----	53
<i>Fotografía 21.3: Toma de muestra en suelo, relleno del pozo de muestro con el material sacado..</i> -----	53
<i>Fotografía 22.3: colocación de la muestra de suelo en el recipiente, para eliminar el exceso de agua.</i> -----	55
<i>Fotografía 23.3: Proceso de trituración de la muestra de suelo y roca; A: triturador secundario, B:</i> <i>Pulverizador hasta 75 micras, C: resultado final del proceso de conminución.</i> -----	55
<i>Fotografía 24.3: colocación de las muestras en fundas y codificación para pasar al proceso geoquímico.</i> -	56

<i>Fotografía 25.3: A: Pesado de una porción de 5cm³ de muestra; B: Muestra disuelta en ácido nítrico.</i>	<i>---57</i>
<i>Fotografía 26.3: Ataque químico de la muestra a una temperatura de 110°C.</i>	<i>-----57</i>
<i>Fotografía 27.3: colocación de la solución en las pipetas de 1ml.</i>	<i>-----58</i>
<i>Fotografía 28.3: A: Configuración del espectrómetro; B: Calibración con una muestra estándar.</i>	<i>-----58</i>
<i>Fotografía 29.3: Lectura de los resultados de las muestras.</i>	<i>-----59</i>

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo determinar posibles yacimientos epitermales de oro, a través de elementos exploradores como es el arsénico y el antimonio, mediante técnicas de prospección como es la recolección de muestras de suelo y roca y análisis de laboratorio para determinar las concentraciones de arsénico y antimonio, mismas que serán procesadas estadísticamente para determinar los valores normales de concentración y los valores anomálicos.

El trabajo de investigación se divide en cinco capítulos los cuales serán detallados a continuación:

En el Capítulo I se detallan los antecedentes, el planteamiento de la hipótesis y planteamiento del problema, objetivos y generalidades del lugar como son ubicación, clima, acceso.

En el Capítulo II se describe el marco teórico como son geología regional, geomorfología, tectónica, métodos de prospección, tipos de yacimientos y alteraciones epitermales, métodos de análisis de muestras y determinación de los valores anomálicos.

El Capítulo III representa la metodología utilizada para la realización del proyecto de investigación como son recopilación de información, elaboración de mapas base, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de oficina en los cuales se describe los procesos de recolección de muestras, técnicas utilizadas para la obtención de los datos de laboratorio y procesamiento de los datos para la obtención de los diferentes mapas de anomalías.

En el Capítulo IV se puede apreciar el método de procesamiento de los resultados y la geoestadística utilizada para determinar los valores de concentraciones normales y anomálicos, también se puede apreciar las distribuciones de los elementos en histogramas y tablas con los resultados finales obtenidos para cada elemento explorador.

El Capítulo V se describe las conclusiones del trabajo de investigación en la cual se especifican los valores de concentraciones de los elementos obtenidos y los resultados del presente trabajo así como también recomendaciones para trabajos posteriores de prospección en la zona de estudio.

El Capítulo VI se describe el resumen del trabajo, abstract la bibliografía recopilada como respaldo del presente trabajo de titulación y anexos como son los respaldos del laboratorio y los resultados obtenidos de todas las muestras analizadas.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

La actividad minera se ha desarrollado en el Ecuador desde tiempos milenarios, pero solamente a nivel artesanal y de pequeña minería, como podría catalogarse en la actualidad. Antes de la Corona Española y la época de la Colonia, los pobladores americanos, en tierra de lo que hoy es Ecuador, explotaban la obsidiana de Mullumica y las arcillas para la cerámica. Trabajaron el oro, la plata, el cobre y el platino para ornamentos, rituales e intercambio comercial. Estos minerales se los extraía de ríos y socavones (Ministerio de Hidrocarburos.2013).

En la actualidad, el Estado ecuatoriano busca una transformación cualitativa para ese intermitente desarrollo minero, mediante la aprobación de la Ley Reformatoria a la Ley de Minería y otras políticas públicas que garanticen el crecimiento de ese sector, con responsabilidad social y ambiental. Un rumbo está trazado en estos nuevos tiempos (Ministerio de Minería, 2015).

1.2. JUSTIFICACIÓN

El oro primario no se debe catalogar extraño en este sitio, ya que a unos cuantos kilómetros existen grandes yacimientos, los cuales pueden estar relacionados entre sí. A parte el área corresponde geográficamente a una de las zonas más ricas en minerales, si nos referimos a nivel regional, puesto que formamos parte de una provincia metalogénica como es la cordillera de los Andes, que atraviesa algunos países donde se ha encontrado grandes yacimientos primarios de oro.

Con la investigación se podrá conocer la viabilidad de seguir estudiando el sitio con fines prospectivos para oro. De esta forma en relación a las conclusiones de esta investigación los concesionarios mineros junto con los dueños de los terrenos podrán conocer el potencial real del lugar de tal forma que puedan agruparse para crear asociaciones que les permita mejorar su calidad de vida aprovechando los recursos de una manera legal, técnica y amigable con el ambiente.

La ejecución de esta investigación busca de algún modo suplir la precaria prospección de oro primario a nivel nacional, de manera que, este estudio contribuya al desarrollo de la minería en el país. También servirá como una guía o base para futuras investigaciones relacionadas a esta área, las cuales permitirían descubrir nuevos depósitos de oro.

Además, para escoger el lugar de estudio, se realizó una visita previa, donde se pudo observar en las quebradas, cantos rodados de diferente tamaño con mineralización, haciendo pensar de esta manera que existen alteraciones en el área de estudio o cercana a ella. La presencia de estas mineralizaciones es un parámetro fundamental para hacernos pensar en la posible existencia de un depósito mineral.

Los elementos exploradores que se analizaron en este presente trabajo fueron tomados de la tabla de elementos exploradores y elementos indicadores según el tipo de yacimiento, además en una de las recomendaciones de la tesis “Contenido de Arsénico en Suelos como Guía en la Búsqueda de Yacimiento Auríferos” elaborada por el ing. Jorge Rengel nos dice lo siguiente: Los resultados de esta tesis llevan a recomendar, sin restricciones de ningún tipo el análisis del contenido de arsénico en suelos como una guía económica, sencilla y confiable para la búsqueda de mineralizaciones auríferas primarias en el país (Rengel, 1990).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Prospectar oro en el sector Yungantza, mediante geoquímica de suelos y rocas, cuyos elementos guías sean correlacionados entre sí y con estructuras geológicas de campo, para inferir una posible relación a yacimientos epitermales.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una cartografía geológica a escala 1:2,000 basándose en el mapeo de afloramientos.

- Realizar una malla de muestreo a escala 1:2,000 para la recolección de muestras, de rocas y suelos.
- Realizar mapas de anomalías geoquímicas mediante el análisis geoquímico de muestras de rocas y suelos tomadas en campo.
- Analizar e interpretar los análisis geoquímicos con la geología del lugar.

1.4. HIPÓTESIS

Mediante la aplicación de ensayos geoquímicos se analizará elementos guías (As, Sb) presentes en suelos y rocas del sector. ¿La correlación de estos elementos guía, permitirá relacionar el área de estudio a yacimientos epitermales?

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La falta de estudios de yacimientos primarios no permiten aprovechar el potencial minero del sector, área que tiene indicios de oro primario, pero que por la falta de conocimiento técnico sobre métodos de prospección y exploración no se ha podido aprovechar estos recursos con una gran rentabilidad.

En relación a lo mencionado anteriormente en las cercanías del lugar se explota oro aluvial, esta actividad se encuentra regulada por la ley minera la misma que limitan principalmente el volumen de producción y por ende el beneficio económico es relativamente bajo, debido a las bajas inversiones lo que se traduce en bajos cuidados al medio ambiente y un precario avance tecnológico en la explotación.

1.6. GENERALIDADES

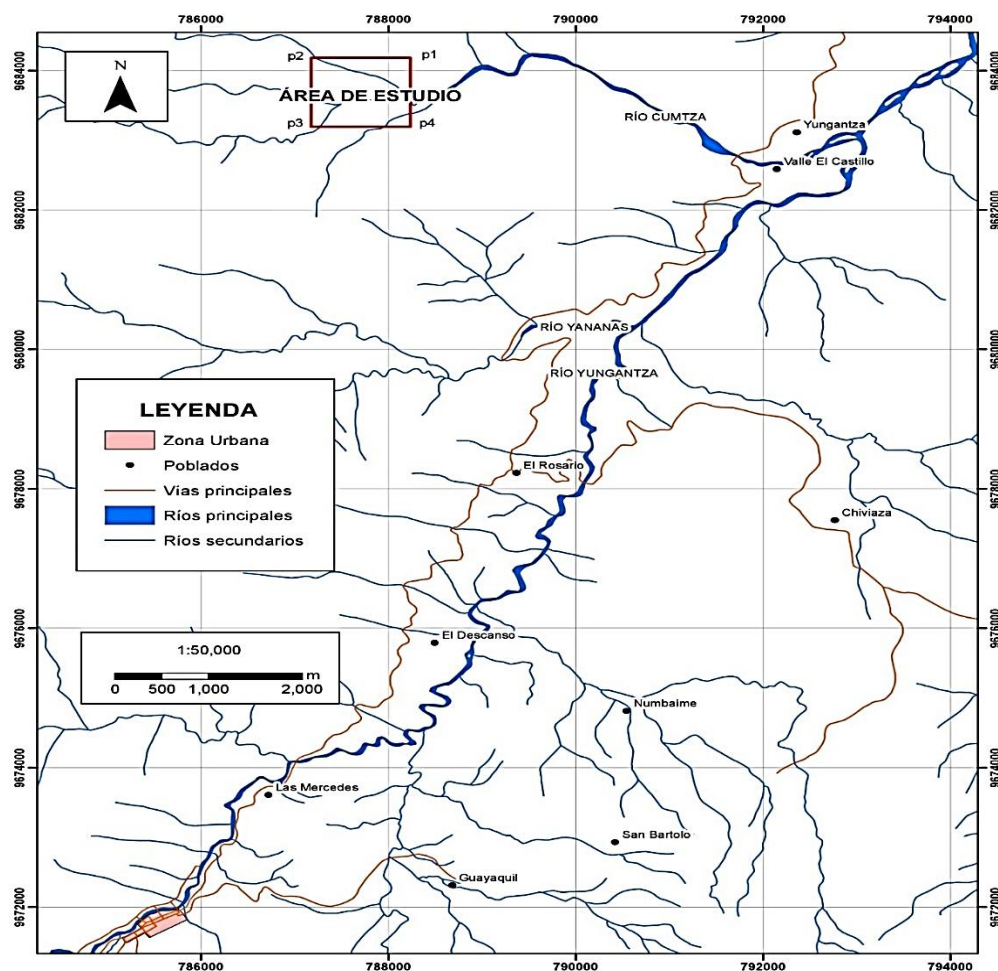
1.6.1. UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra situada en la Provincia de Morona Santiago, Cantón Limón Indanza, Parroquia El Rosario, Sector Yungantza. Las coordenadas de la zona de estudio corresponden a las siguientes:

Tabla 1.1: Puntos del área de estudio.

Puntos	X	Y	ZONA	DATUM
P1	788217	9684166	17 M	WGS84
P2	787189	9684166		
P3	787189	9683213		
P4	788217	9683213		

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

**Figura 1.1:** Área de estudio

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

1.6.2. ACCESO

Para llegar a la zona de estudio, se debe recorrer aproximadamente 106 km, el acceso al lugar se puede realizar por la vía Macas-Limón, atravesando los cantones de Sucúa y Logroño, hasta llegar al sector de Bella Unión, desde este punto y siguiendo la vía se recorre exactamente 28 km, luego se toma al oeste, un carretero de segundo orden, el cual

se recorre aproximadamente 4 km, hasta llegar a la comunidad de Corazón de Yananaz, a partir de este punto se recorre 1,5 km más hasta llegar al lugar.

1.6.3. CLIMA

El área de estudio presenta los siguientes tipo de climas: Húmedo Tropical, húmedo subtropical (H St), Muy Húmedo Subtropical (M H St), Húmedo Temperado (H Tp), Muy Húmedo Temperado (M H Tp), Lluvioso temperado (LI Tp), Muy Húmedo Subtemperado (M H Sbt) y Lluvioso Subtemperado (LI Sbt). (Fuente: PDOT GAD Yunganza, 2012).

Precipitación. Las precipitaciones ocurren en un promedio de 1750 y 4000 milímetros al año, por lo que se considera seco, las temperaturas son bajas, pertenecientes a climas andinos de montaña (Grupo Consultor A.C.M.E, 2015).

1.6.4. FLORA Y FAUNA

El lugar de estudio corresponde a un área poco intervenida, generalmente la zona se encuentra cubierta por pastizales en un 60%, y la otra parte corresponde a una zona cubierta de bosque, con árboles que pueden alcanzar alturas hasta de 30 metros, en ciertas zonas, la vegetación es tan espesa que en ocasiones se hace casi imposible transitar a través de las mismas. En esta zona se puede observar una gran variedad de animales, aves, anfibios y reptiles.

1.6.5. ASPECTO SOCIOECONOMICO

La mayor parte de los habitantes de la zona, se dedican a la actividad agrícola, principalmente a la producción de plátano, yuca, maíz y naranjilla. Otra de las actividades importantes, es la ganadería, generalmente, la crianza de ganado bobino, y una pequeña parte de la población, se dedica a la explotación de madera.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. GEOLOGIA REGIONAL

El área de interés se encuentra ubicada en el valle de la cuenca oriente junto a la cordillera real oriental. En los bordes de la franja metamórfica atravesado por sistemas complejos de fallas.

Dentro de la cuenca Oriente la estratigrafía del relleno cretácico que va desde el Aptiano hasta el Maastrichtiano, ha sido subdividida en tres formaciones: Hollín, Napo y Tena. Según (White et al., 1995; Barragán, 1999) son caracterizadas por una serie repetitiva de areniscas, calizas y lutitas, registra dicha ciclicidad asociada posiblemente a las fluctuaciones de nivel eutástico ocurridas durante en el Cretácico.

“La sección sedimentaria Hollín-Napo-Basal Tena exhibe características bien definidas dentro de un modelo de estratigrafía secuencial. Dichas formaciones testifican variaciones bruscas de la línea de costa en la plataforma marina-somera de la Cuenca Oriente en el Cretácico, y muestran cambios verticales y laterales de facies a lo largo de la cuenca que interrumpen la imperante sedimentación marina de baja energía”. (Baby, Rivadeneira, Barragán, 2004)

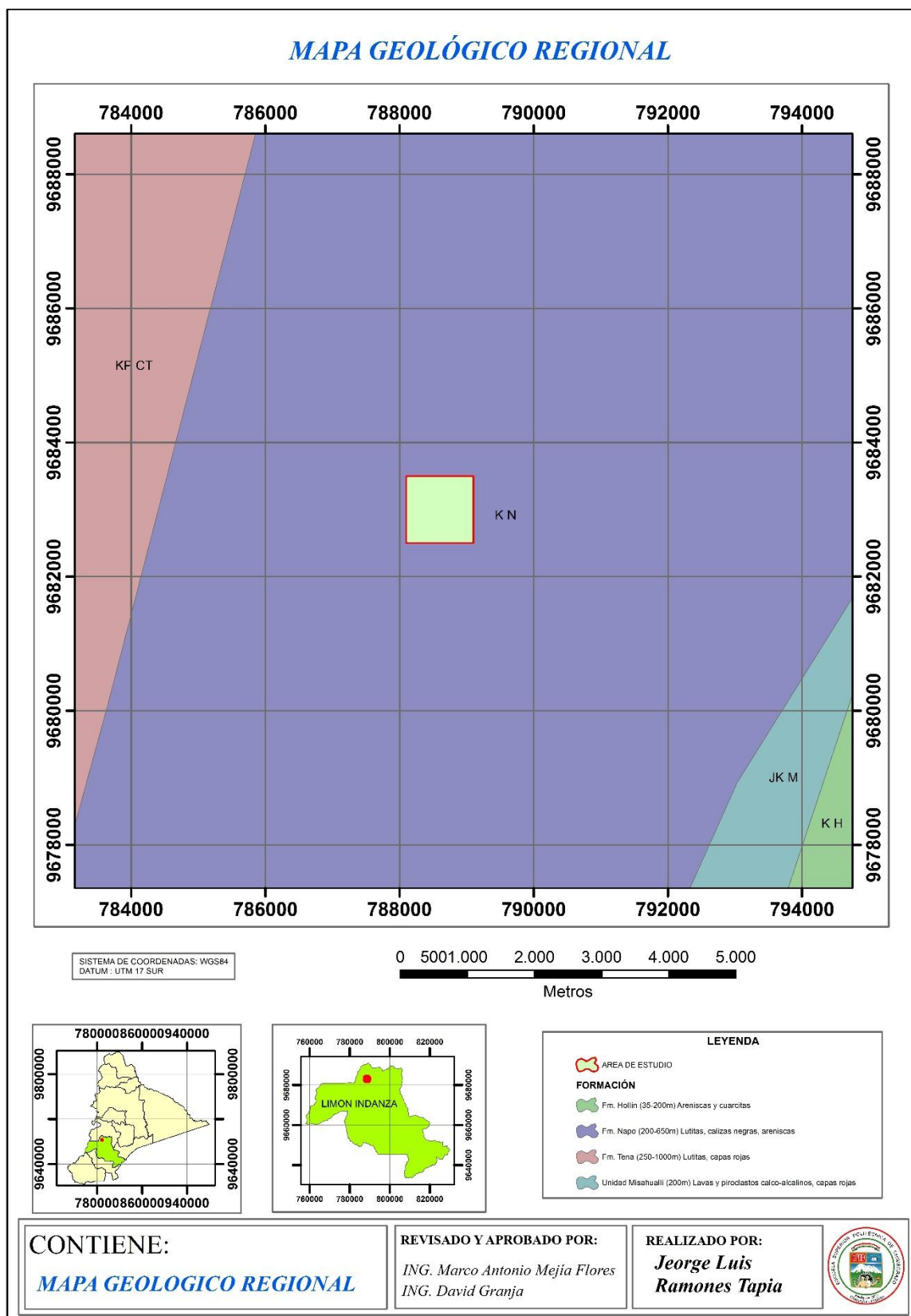


Figura 1-2: Mapa geológico regional
Fuente: Mapa Geológico del Ecuador (1991)

2.1.1 Formación Hollín (Cretácico).

“En el oriente la formación Hollín tienen un grosor de 80 – 240 m. De los años Aptiano/ Albiano, representadas por areniscas blanquecinas o cuarcitas. Superponiéndose un sustrato ampliamente variable. Incluyendo volcánicos del Misahualli, areniscas del Sacha, Calizas del Macuma, Pizarras del Pumbuiza y Basamento Cristalino del Precámbrico”. (Bankwill et al., 1991)

Acompañada generalmente a la Fm Napo supra yacente. En el flanco E de la Sierra Cutucú descansa en discordancia angular sobre la Fm. Chapiza, en el oeste de la misma sierra yace sobre la Fm. Santiago y en varios ríos aparece encima de la Fm. Misahualli. Alcanza hasta 200m de espesor. Estudios palinológicos señalan la base de edad Aptiano y la mayoría de la formación data del Albiano. Una serie de lavas y piro clastos que comprende esencialmente la parte inferior de la formación podrían ser del Cretácico inferior. (Bankwill et al., 1991)

2.1.2 Formación Napo (Cretácico)

“Es una de las formaciones más ampliamente distribuida en la parte del Oriente Ecuatoriano consiste en una sucesión de lutitas negras, calizas grises a negras y areniscas carbonatadas. Se dispone concordantemente sobre la formación hollín. Algunos autores dividen esta formación en Napo Basal, Napo Inferior, Napo Media y Napo Superior. Su espesor varía desde menos de 200m a más de 700m”. (Baldock, 1982)

2.1.3 Formación Tena (Cretácico Superior – Paleoceno Inferior)

Litológicamente la formación Tena consta en mayor proporción de lutitas, con pequeñas intercalaciones de areniscas y escasos conglomerados, las margas y calizas arenáceas aparecen en menor cantidad.

La formación Tena esta superpuesta, tiene un espesor de 250 – 1000 m., comprende los lechos rocosos fluviales y lacustres y representa la retirada del mar y el comienzo de un ambiente continental de depositación derivada de la Cordillera Proto – Andes (Wilkinson, 1982).

La formación Tena es indicadora de un cambio significativo en la sedimentación Cretácica-Terciaria en el Oriente, marcando una regresión marina y la emergencia de la

naciente Cordillera, cuya erosión proveyó la principal fuente de material clástico a la cuenca del oriente desde el Maastrichtiano en adelante. (Baldock, 1982).

2.1.4 Unidad Misahualli (Jurásico – Cretácico)

La unidad Misahualli tiene una baja inmersión de lavas y rocas piro clásticas observadas en el Rio Misahualli, Wasson y Sinclair (1927) les nombraron como basaltos y tobas del Misahualli. La litología comprende basaltos verdes a gris oscuro, traquitas, gris a verde, tobas violetas y rosadas, brechas tufáceas interstratificado con pizarras rojas, areniscas y conglomerados (Baldock, 1982).

“La unidad Misahualli incluye todo el tipo de rocas volcánicas de tipo continental de la zona sub andina conocida, o consideradas esencialmente del Jurásico. Que cubre el jurásico inferior de la formación Santiago y cubierto por la formación Hollín del Aptiano-Albiano. La unidad Misahualli aparentemente sustituye los sedimentos del Chapiza, exponiéndose más al norte en el Rio Santiago, a lo largo del miembro occidental del anticlinal Cutucú superponiéndose a la formación Santiago. ” (Litherland et al., 1994 en Guillier, et al., 2001).

Las rocas volcánicas se interpretan de manera que se extienden hacia el este dentro de la cuenca Oriente (Bankwill et al, 1991), y pasan lateralmente hacia el oeste a través de la falla Cosanga en la unidad de Upano de la Cordillera Real.

2.2. GEOMORFOLOGIA

El área de estudio al encontrarse junto al borde la de franja metamórfica de la cordillera real oriental presenta redes de drenaje dendríticas formando valles fluviales con pendientes aproximadas que van desde los 30 hasta los 50 grados. También se puede apreciar movimientos bruscos en los cambios de litologías formando anticlinales y sinclinales y en ciertas partes escarpes de roca metamórfica.

En la siguiente ilustración se puede apreciar las zonas de pendientes y morfologías del terreno.

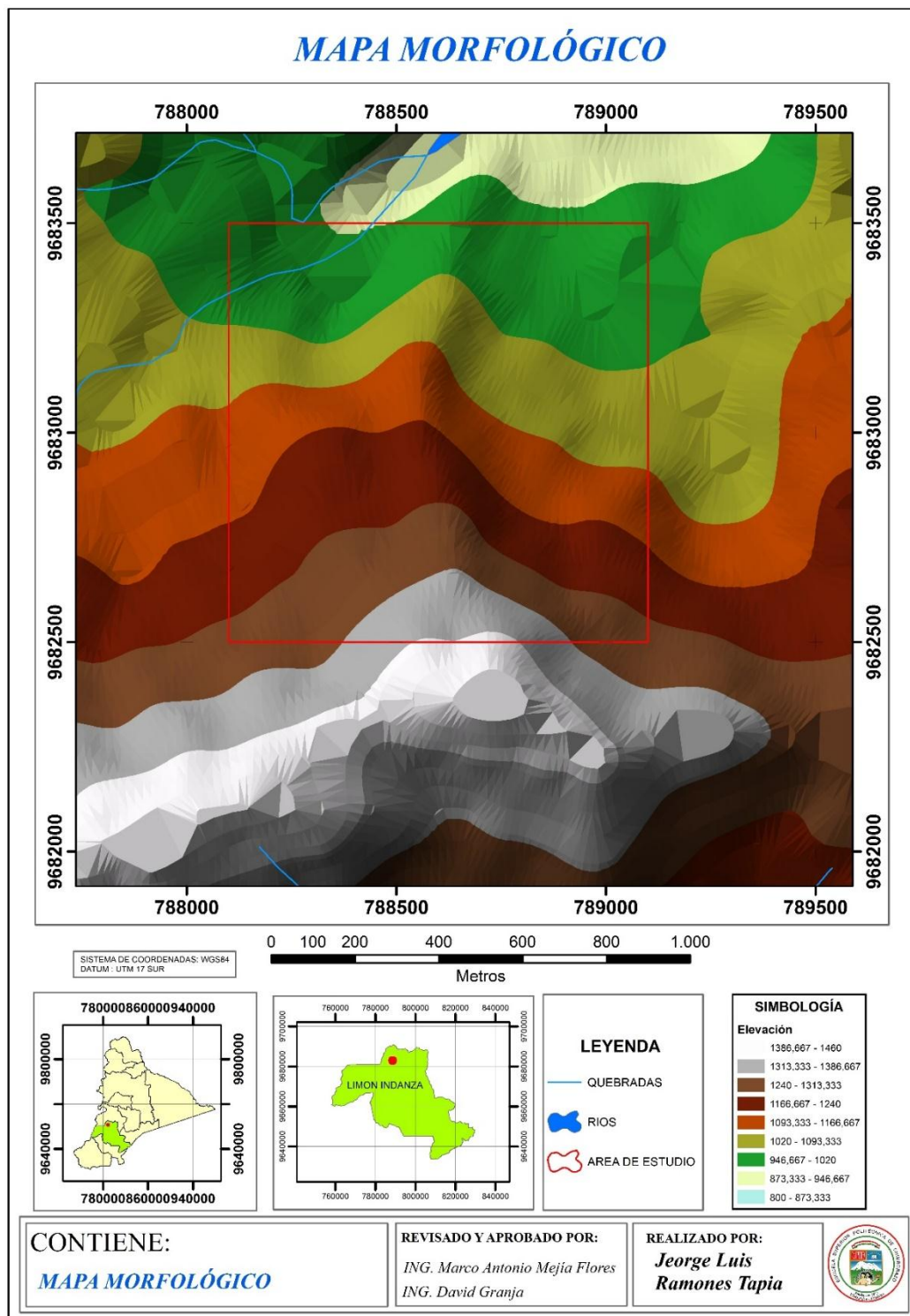


Figura 2.2: Mapa Morfológico del área de estudio.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

2.3. TECTÓNICA

La zona de estudio al hallarse cercana a las estribaciones orientales de la falla Real y dentro del graben Upano-Yunganza, ha sido afectada básicamente por tres sistemas de fallas, según (Fierro, 2012), en su informe define los siguientes grupos de fallas.

El primer grupo de fallas corresponde a un conjunto de fallas inversas de alto ángulo ($50^\circ < \theta < 90^\circ$). Estas fallas tienen una dirección entre N20°E a N20°W con buzamientos entre 50° a 70° hacia el occidente e incluso vertical. Estas fallas son las representativas de la región y corresponderían al sistema de fallas asociadas al levantamiento andino; por lo tanto, presentan fuerte paralelismo con la Falla Real, que limita a las rocas de la cordillera Real (metamórficas) con los sedimentos de la cuenca amazónica y que sirve de control estructural para el ingreso de los cuerpos intrusivos que se hallan cortando a las rocas de las formaciones Hollín y Napo. (Fierro, 2012).

El segundo grupo de fallas asociado al sistema Yunganza, presenta una tendencia general N45E, con variaciones de 20° con buzamiento hacia NW y SE, dando la apariencia de ser un sistema plegado.

Finalmente se tiene un sistema de fallas inversas de bajo ángulo con dirección general del sistema N45W con variaciones N25W a N65W (N58W/30SW; N37W/53NE; N45W/22SW), correspondería a un sistema inverso con buzamientos suaves hacia el Oeste y fuertes hacia el Este y podrían corresponder a un sistema de edad más joven que las anteriores, ya que este sistema disloca a las fallas de los dos primeros grupos (Fierro, 2012).

2.4. GEOQUÍMICA DE PROSPECCIÓN

La Prospección Geoquímica: (Hawkes, 1957) la define como un método de investigación minera que se basa en la medida sistemática de las propiedades químicas de los materiales naturales. El fin de dichas medidas es la localización de anomalías geoquímicas o de áreas cuya estructura, hiciera pensar en la presencia de un cuerpo mineralizado en su vecindad. Las anomalías podrían estar generadas por la presencia de

cuerpos ígneos en profundidad, procesos metamórficos o procesos superficiales tales como agentes de la alteración, erosión o transporte superficial.

2.5. GEOQUIMICA DEL ARSENICO

Es un metaloide que pertenece al grupo 5B de la tabla periódica, con valencia (3, 5).

Se lo encuentra formando minerales en base sulfosales, arseniuros y sulfoarseniuros, se ha evidenciado que en rocas ígneas no muestra asociaciones definidas, se presenta en forma de nicolita en peridotitas y como cobalinas y arsenopiritas en zonas de contacto de sienitas y granitos, en suelos en contacto con el oxígeno libre forma arseneatos u óxidos, el arsénico es precipitado en forma efectiva por el hidróxido de hierro mismo que controla la migración en suelos (Piedra, 1990). Se puede llegar a encontrar concentraciones desde (10 hasta 700 ppm As), como es en el caso de nuestra zona de estudio por las coloraciones rojizas del suelo sedimentario se podrá encontrar entre estos rangos o mucho mayores.

2.6. ANTIMONIO GEOQUIMICA Y MINERALOGIA

El origen del antimonio, así como del mercurio según la mayoría de los geólogos es juvenil (subcortical). Los fluidos hidrotermales, que contienen antimonio llegan a los horizontes superiores de la corteza terrestre por medio de fallamientos muy profundos. Se transportan en solución en uniones complejas con S y Na, así como con Cl con el cual tiene muy alta volatilidad. Los minerales de antimonio se separan de los fluidos a temperaturas de 400-50°C. Bajo condiciones exógenas el antimonio se oxida rápidamente formando sulfatos altamente inestables, que se convierten en óxidos rápidamente. El antimonio se acumula en las zonas de oxidación de los depósitos endógenos (Vassallo, 2008).

2.7. ESTUDIO PRELIMINAR

Por medio de una cantidad pequeña de muestras o es decir mediante un muestreo lo menos costoso como posible se quiere localizar sectores favorables en un área extendida y reconocida en grandes rasgos. Las áreas de 10 a 1000 km² se evalúan a menudo con una muestra por 1km² a una muestra por 100km². Un método geoquímico apto para el reconocimiento general es la localización de provincias geoquímicas y su delimitación. Si existe una correlación entre la probabilidad de la presencia de las menas y la abundancia

media de un elemento en una roca representativa para una región o la abundancia media de un elemento en distintos tipos de rocas se puede establecer una red de muestreo con un espaciamiento amplio y analizar las muestras para ubicar las áreas con valores elevados en comparación con la abundancia media del elemento en interés (Griem-Klee, 2016).

2.7.1. ESTUDIO DETALLADO

El objetivo de un reconocimiento detallado es la delineación y la caracterización geoquímica del cuerpo mineralizado en la manera más precisa como posible. Para localizar el cuerpo mineralizado se requiere un espaciamiento relativamente estrecho, usualmente entre 1 y 100m. Debido a los altos costos relacionados con un espaciamiento estrecho se emplea los estudios geoquímicos detallados áreas limitadas de interés particular seleccionadas en base de los antecedentes geoquímicos, geológicos y geofísicos disponibles (Griem-Klee, 2016).

Los métodos comúnmente empleados en estudios detallados son los siguientes:

- El muestreo sistemático de suelos residuales se utiliza para buscar anomalías situadas directamente encima del cuerpo mineralizado debido a su sencillez y a la ventaja, que la composición del suelo residual depende altamente del cuerpo mineralizado subyacente.
- El muestreo de suelos se emplea para localizar anomalías desarrolladas en material transportado, que se ubica encima de un cuerpo mineralizado. El grado, en que la anomalía depende del cuerpo mineralizado subyacente, es mucho menor en comparación con el método anterior. Por medio de un muestreo profundo se puede comprobar, si existe una relación geoquímica entre el suelo y el cuerpo mineralizado subyacente o no. (Griem-Klee, 2016).
- El muestreo de plantas puede ser recomendable bajo circunstancias, que impiden la aplicación del muestreo de suelos como por ejemplo en áreas cubiertas con nieve o en áreas, donde las raíces de las plantas penetran profundamente una capa de material transportado. Aún este método es complejo y costoso. La complejidad se debe entre otros factores al reconocimiento y al muestreo de una sola especie de planta en el área de

interés, a la variabilidad del contenido metal, que depende de la edad de la planta y de la estación del año y al procedimiento analítico de las plantas (Griem-Klee, 2016).

- El muestreo de rocas está enfocado en la detección de anomalías de corrosión o difusión. Las anomalías de corrosión se pueden encontrar en las rocas de caja y en el suelo residual, que cubren el cuerpo mineralizado. Las rocas de cajas caracterizadas por una anomalía de difusión se obtienen por ejemplo a través de una perforación (Griem-Klee, 2016).
- Un método en desarrollo es el muestreo de gases de suelos y de constituyentes atmosféricos. Se lo aplica para detectar cuerpos mineralizados cubiertos con una capa ancha de suelo.

2.7.2. TIPOS DE MUESTRAS

Las muestras de sedimentos de ríos y lagos, de aguas de ríos, de lagos y de fuentes y de sondeos son los tipos de muestras más eficientes y los más empleados. Especialmente esto vale para los sedimentos de ríos, que se puede aplicar para la búsqueda de la mayoría de los metales. La exploración geoquímica basándose en muestras de aguas está más limitada a los elementos solubles. Las muestras de sedimentos de ríos se utilizan con alta frecuencia en la exploración por su manejo sencillo. Por sus costos bajos por unidad de área y por su alto grado de confianza (Griem-Klee, 2016).

En áreas glaciares la dispersión de clastos visibles o de trazas mensurables de metales en acarreo glaciárico se utilizan exitosamente para la detección de depósitos minerales. Los análisis de suelos son de costos altos por unidad de área, además las anomalías de suelos residuales por ejemplo, que son relacionadas con depósitos minerales en el subsuelo normalmente son de extensión local. Pero como generalmente la composición de un suelo autóctono depende estrechamente de su substrato o es decir de las rocas, que las cubre, se emplean este método con alta frecuencia en áreas ya identificadas como áreas favorables (Griem-Klee, 2016).

La composición química de plantas y la distribución de especies de plantas, que prefieren suelos de composición anómala pueden servir igualmente en estudios de reconocimientos. Plantas o asociaciones de plantas únicamente relacionadas con menas se pueden identificar visualmente desde el aire, por medio de fotos aéreas o por medio de imágenes de satélite. Para análisis geoquímicos de prospección de yacimientos minerales

podemos identificar el muestreo en suelos, sedimentos fluviales y en roca, para el caso de nuestra área se los realizará en suelo y roca, realizando una malla de muestreo sistemática para suelo y para rocas dependiendo de la influencia de las mismas en el área (Griem-Klee, 2016).

2.7.3. CONCEPTOS BÁSICOS

Según la definición original de Golschmidt (en Rose et al. 1979) la geoquímica se ocupa de dos ramos:

- La determinación de la abundancia relativa y absoluta de los elementos de la tierra.
- El estudio de la distribución y de la migración de elementos individuales en varias partes de la tierra con el objetivo de descubrir los principios, que controlan la distribución y la migración de los elementos.

Los pasos de una exploración geoquímica

- Selección de los métodos, de los elementos de interés, de la sensibilidad y la precisión necesarias y de la red de muestreo. Las selecciones se toman con base en los costos, los conocimientos geológicos, la capacidad del laboratorio disponible y una investigación preliminar o las experiencias con áreas parecidas.
- Programa de muestreo preliminar, que incluye análisis inmediato de algunas muestras tomadas en la superficie y en varias profundidades en el subsuelo para establecer los márgenes de confianza y para evaluar los factores, que contribuyen al ruido del fondo.
- Análisis de las muestras en el terreno y en el laboratorio, incluido análisis por medio de varios métodos.
- Estadísticas de los resultados y evaluación geológica de los datos tomando en cuenta los datos geológicos y geofísicos.
- Confirmación de anomalías aparentes, muestreo encauzado en áreas más pequeñas (red de muestreo con espaciamiento corto), análisis de las muestras y evaluación de los resultados.
- Investigación encauzada con muestreo y análisis adicionales de muestras tomadas en un paso anterior.

2.8. ELEMENTO INDICADOR, ELEMENTO EXPLORADOR

Elemento indicador, indicador directo o elemento blanco ('target element') se refiere a uno de los elementos principales del depósito mineral, que se espera encontrar. Elemento explorador o elemento pionero ('pathfinder element') se refiere a un elemento asociado con el depósito mineral, pero que puede ser detectado más fácilmente en comparación al elemento blanco, que puede ser dispersado en un área más extendida y que no está acompañado por tanto ruido de fondo en comparación al elemento blanco (Griem-Klee, 2016).

La selección de un elemento explorador requiere un modelo del depósito mineral, que se espera descubrir. Arsénico (As) por ejemplo puede presentar un elemento explorador para la búsqueda de cobre (Cu) en un depósito macizo de sulfuros, pero no es un elemento explorador para cada tipo de depósito de cobre.

Tabla 1.2: *Tabla de Elementos Indicadores y Exploradores.*

ELEMENTOS INDICADORES Y EXPLORADORES SEGÚN LOS TIPOS DE DEPÓSITOS MINERALES		
ASOCIACIÓN DE MENAS	ELEMENTO INDICADOR	ELEMENTO EXPLORADOR
Pórfido cuprífero	Cu, Mo	Zn, Au, Re, Ag, As, F
Cuerpos ultramáficos de oro	Pt, Cr, Ni	Cu, Co, Pd
Depósitos de "Skarn"	Mo, Zn, Cu	B, Au, Ag, Fe, Be
Vetas de metales preciosos	Au, Ag	As, Sb, Te, Mn, Hg, I, F, Bi, Co, Se, Tl
Depósitos complejos de sulfuros	Zn, Cu, Ag, Au	Hg, As, S, Sb, Se, Cd, Ba, F, Bi
Uranio en vetas	U	Cu, Bi, As, Co, Mo, Ni, Pb, F

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 2.2: *Tabla de tipos de yacimientos y elementos asociados.*

TIPOS DE YACIMIENTOS Y ELEMENTOS ASOCIADOS(PATHFINDER)		
TIPOS DE DEPÓSITOS	COMPONENTES	ELEMENTOS
Venas de Sulfuros de Zn	Sn,S	Cu,Pb,Zn,Ag
Venas de Co-Ni-Ag(Cobalto)	Co,Ni,Ag,S	As,Sb,Bi,U
Depósitos epitermales de metales	Au,Ag	Sb,As,Hg,Te
Mercurio	Hg,S	Sb,As
Sulfuros masivos de Cu volcanógenos	Cu,S	Zn,Au
Sulfuros masivos de Zn-Cu-Pb	Zn,Pb,Cu,S	Ag,Ba,Au,As
Formación de Fe rica en Au y As	AU,As,S	Sb

Fuente: Datos obtenidos de Brus y Gregorian (1977) y Boile (1974).

En exploración de yacimientos minerales se tiene la idea de que el mejor elemento guía en la búsqueda de oro es el oro; es relativamente cierto para yacimientos supérgenos, no es el caso de yacimientos hipógenos, en los cuales el elemento indicador como es el oro tiende a formar halos bajo el yacimiento, a diferencia de los elementos exploradores los cuales debido a su volatilidad, migran y se depositan en la superficie, formando supra-halos alrededor y encima del yacimiento, haciendo que la búsqueda de yacimientos primarios sea más fácil de detectar mediante estos elementos (elementos exploradores) (Piedra, 1990).

2.9. ANOMALÍA GEOQUÍMICA

Una anomalía es una desviación con respecto a la normal. Una anomalía geoquímica es una variación de la distribución geoquímica normal correspondiente a un área o a un ambiente geoquímico, se expresa por medio de números que se pueden separar de un grupo más amplio constituyendo el fondo geoquímico. Para ser detectada una anomalía tiene que desviar claramente de este fondo. En sentido estricto un depósito mineral como un fenómeno escaso y anómalo por su mismo es una anomalía geoquímica (Griem-Klee, 2016).

La distribución geoquímica relacionada con la génesis o la erosión del depósito mineral también es una anomalía. Las anomalías relacionadas con un depósito mineral, que se puede usar como guías para el depósito mineral se denominan anomalías significantes. Generalmente las anomalías tienen valores que exceden los valores del fondo. Anomalías negativas, cuyos valores son menores que aquellos del fondo, apenas sirven para la búsqueda de depósitos minerales. Desdichadamente las concentraciones altas de elementos indicadores pueden ser causadas por una mineralización no económica o por procesos geológicos o geoquímicos no relacionados con una mineralización. El término 'anomalía no significativa' se refiere a estas anomalías no relacionadas con un depósito mineral (Griem-Klee, 2016).

Otros factores de una anomalía geoquímica de importancia son el marco topográfico y la asociación geológica. En el caso de anomalías detectadas en suelos hay que tomar en cuenta, que estos podrían ser desplazados de su sustrato mineralizado por deslizamiento del suelo (creeping en inglés). Solamente una anomalía detectada en un suelo residual en terreno plano o sobre un cuerpo verticalmente inclinado puede ubicarse directamente encima de un depósito mineral (Griem-Klee, 2016).

Anomalías hidromórficas se producen por la precipitación de material en lugares, donde el agua subterránea alcanza la superficie, por ejemplo en un pantano (en un orificio de desagüe = seep o shallow hole en inglés) (Griem-Klee, 2016).

2.9.1. ANOMALÍA EPIGENÉTICA EN LA ROCA DE CAJA

Las anomalías epigenéticas se describe como aureolas químicas, mineralógicas e isotópicas generadas por los procesos de mineralización, de escape y de lixiviación de los elementos a través de los fluidos, que causan la mineralización y que pasan por canales desde el cuerpo mineralizado hacia las rocas de caja. Estas anomalías están superimpuestas a las rocas preexistentes y se ubican en las rocas de caja de un cuerpo mineralizado (Boyle et al. 1998; BGS y DPHE, 2001; Smedley y Kinniburgh. 2002).

El desarrollo más extensivo de anomalías epigenéticas se observa cerca de depósitos hidrotermales y canales de transporte de fluidos. La viscosidad baja de los fluidos favorece su penetración a lo largo de fracturas y por intersticios de la roca hacia la roca

de caja. Las anomalías epigenéticas están caracterizadas por cantidades anómalas de elementos distribuidas cerca de canales hidrotermales, por la alteración hidrotermal de minerales de las rocas de caja y la lixiviación de elementos en sectores del corrido de los fluidos formadores de la mineralización (Boyle et al, 1978).

Factores que controlan la formación de las aureolas son entre otros los gradientes de temperatura, el estado de oxidación de los iones involucrados, la movilidad de los elementos participantes, los sistemas de fracturas, la permeabilidad y la reactividad de las rocas.

2.9.2. ANOMALÍA CAUSADA POR DIFUSIÓN DE ELEMENTOS

Una aureola de difusión se genera por la difusión de metales disueltos por fluidos intersticiales estacionares hacia la roca de caja de un cuerpo mineralizado como una veta o un dique por ejemplo. Los metales disueltos subsecuentemente son precipitados en o absorbidos por la roca de caja (Boyle, 1979).

Los constituyentes disueltos en un fluido realizan movimientos atómicos al azar y tienden a difundir hacia las regiones de concentración más baja. Debido a la velocidad extremadamente pequeña de la difusión el efecto de difusión normalmente es mucho menor en comparación con aquel de la infiltración. En comparación con el efecto de un fluido moviéndose con una velocidad de 0,001mm/s (= 32m/año) por ejemplo el efecto de difusión es despreciable (Rose et al. 1979).

En ausencia de un gradiente alto de presión o de una salida hacia una zona permeable el fluido solo podrá pasar lentamente por los poros finos y fracturas de la roca y el efecto de la difusión podría ser significativo.

2.9.3. ANOMALÍA DE CORROSIÓN O DE LIXIVIACIÓN

Un halo de corrosión (leakage en inglés) se causa por fluidos, que pasan por vetas, fracturas e intersticios de la roca y cuyos metales disueltos subsecuentemente son precipitados o absorbidos. Este tipo de transporte se denomina infiltración, las anomalías resultantes se llama anomalías de corrosión o de lixiviación.

La ubicación, las dimensiones y la intensidad de una anomalía de corrosión dependen de los factores siguientes:

- Corrido del fluido mineralizado: Zonas de fracturas o de alta porosidad en la roca figuran zonas permeables, que favorecen un recorrido rápido en comparación al corrido a lo largo de bordes de granos o en poros de rocas macizas. Normalmente el corrido de los fluidos hidrotermales está dirigido hacia arriba debido a las presiones elevadas presentes en altas profundidades, sin embargo no se excluye corridos horizontales o dirigidos hacia abajo.
- Concentración de los elementos indicadores en el fluido mineralizado: Barnes & Czamanske (1967, en Rose et al., 1979) estiman, que los fluidos formadores de los depósitos de los metales básicos comunes, contienen metales en rangos entre 1ppm y 1000ppm. En comparación las aguas superficiales y subterráneas normalmente están caracterizadas por concentraciones en Cu, Pb y Zn de aproximadamente 0,01ppm.
- Influencia de precipitación, absorción, intercambio iónico y de otros procesos al transferir los elementos indicadores de su forma disuelta en el fluido hidrotermal hacia una fase sólida en la roca.

Prácticamente los dos efectos anteriormente descritos, la difusión y la infiltración pueden contribuir a la formación de una anomalía.

2.10. MINERALIZACIÓN PRIMARIA Y HALO GEOQUÍMICO SECUNDARIO

Las prospecciones geoquímica y geobotánica se basan en el conocimiento, que generalmente una mineralización primaria envuelve un depósito mineral y una asociación secundaria de elementos químicos se forma durante la meteorización y erosión del depósito mineral. El envuelto de la mineralización primaria y la asociación secundaria de los elementos químicos pueden formar anomalías geoquímicas. El envuelto de la mineralización primaria, el halo geoquímico (aureola geoquímica) o litogeoquímico primario puede corresponder a una alteración o a una distribución por zonas (Griem-Klee, 2016).

Las dimensiones de los halos varían de centímetros a kilómetros en depósitos minerales grandes a varios cientos de metros y kilómetros en distritos mineros. Por ejemplo a Tynagh y Navan en Irlanda las zonas de contenidos anómalamente altos de zinc (Zn) se extienden 1 km con respecto al depósito mineral y los halos de manganeso (Mn) se extienden más de 10 km debajo y 300 m arriba del depósito mineral. El halo geoquímico secundario contiene residuos de la mineralización por menas y puede ser

detectado en muestras de rocas, suelo, sedimentos, y agua, que se toman en distancias de metros a varios kilómetros con respecto al depósito mineral (Griem-Klee, 2016). En algunos casos elementos dispersados del depósito mineral fueron reconcentrados formando un depósito mineral supergéneo o formando anomalías de elementos trazas, que interfieren con el esquema general de distribución de los elementos más estrechamente relacionados con el depósito mineral.

2.11. MECANISMO DE PRECIPITACIÓN DEL ORO PRIMARIO

Puesto que la solubilidad de los complejos clorurados y bisulfurados aumenta con el aumento de la temperatura (Henley, 1973; Seward, 1973; Word et al. 1994), un descenso de temperatura debería conducir a la precipitación de oro a partir de una solución saturada en oro. El efecto de la temperatura sobre sistemas naturales, sin embargo, es difícil de evaluar, puesto que la temperatura afecta a otros parámetros, tales como fO_2 , la cual puede tener una mayor influencia sobre la solubilidad de oro. Generalmente, un aumento de la presión aumenta la solubilidad de los minerales, pero Seward (1973) argumenta que la solubilidad de $Au(HS)_2^-$ por encima de 250°C debería aumentar con el descenso de la presión. Como se discutirá después, las relaciones entre presión y precipitación de oro por ebullición es una de estas indirectas.

Esto implica que la precipitación del oro puede ser causada por un descenso de la a_{H_2S} , por un descenso en la a_{O_2} o por un incremento en a_{H_2} , dependiendo del complejo bisulfurado. Si $HAu(HS)_2^0$ es la especie de oro dominante, un cambio en el pH puede no causar la precipitación del oro, pero un descenso en el pH puede causar la precipitación de oro si $Au(HS)_2^-$ es la especie de oro dominante.

Tales cambio pueden ser ocasionados por la interacción de los fluidos portadores de oro con las rocas encajantes (e.g., Fyfe & Kerrich, 1984). Los cálculos termodinámicos predicen que el método más eficiente para precipitar el oro es el descenso de la actividad de azufre reducido, puesto que la solubilidad de oro disminuye dos órdenes de magnitud por cada orden de magnitud que disminuye la actividad de azufre reducido, pero sólo un orden de magnitud por cada unidad de pH que disminuye (Huston & Large, 1989).

Los mecanismos sugeridos para el descenso de la actividad de azufre reducido en un fluido hidrotermal incluyen: mezcla con fluidos empobrecidos en $S^{=}$ (dilución); oxidación de H_2S y HS^- a sulfato y azufre, quizás debido a la mezcla con aguas meteóricas

oxidadas; ebullición, y precipitación de minerales sulfuros, por ejemplo por la interacción del fluido con rocas de caja ricas en Fe (Drummond & Ohmoto, 1985). Nótese que el incremento en la solubilidad del oro debida a un incremento en la a_{O_2} es relativamente pequeño comparado con el descenso en la solubilidad de oro causada por una disminución en a_{H_2S} debido a oxidación.

2.12. TRANSPORTE DEL ORO PRIMARIO

En sistemas acuosos, el oro está esencialmente según dos estados de valencia: Au^+ (auroso) y Au^{3+} (aúrico). A temperaturas y presiones moderadas, la química de coordinación del Au^+ en soluciones acuosas es la que controla el transporte y la precipitación de oro en los sistemas mineralizadores hidrotermales (Seward, 1991; Romberger, 1988).

Au^+ puede formar complejos acuosos con una variedad de ligandos, pero se piensa que los más importantes para el transporte del oro son los complejos con Cl^- [principalmente $AuCl_2^-$ y posiblemente $AuClOH^-$] y HS^- [principalmente $Au(HS)_2^-$ y $HAu(HS)_2$ y, posiblemente, $Au(HS)$].

La importancia relativa de los complejos clorurados con respecto a los complejos bisulfurados en el transporte hidrotermal de oro es una función de varios parámetros: temperatura, pH, salinidad (concentración de Cl^-), pH , fO_2 (relacionada con fH_2) y concentración de azufre.

2.13. FONDO, VALORES NORMALES DEL FONDO, VALOR UMBRAL

El término 'fondo' se refiere a la abundancia normal de un elemento en los materiales terrestres no mineralizados. Considerando dos diferentes tipos de materiales terrestres la abundancia normal de un distinto elemento en un tipo de material terrestre muy probablemente difiere de su abundancia en otro tipo de material terrestre. Por ejemplo el contenido medio en K_2O de granitos es 5,46 % en peso, de basaltos es 0,82% en peso (según Nockolds, 1954).

2.13.1. BACKGROUND O VALOR DE FONDO

Uno de los principales objetivos de los estudios geoquímicos regionales es el de establecer la variación normal o de fondo de un elemento considerado importante en la detección de las acumulaciones minerales económicos. El background es definido como el rango normal de concentración de un elemento o elementos en un área, excluyendo las muestras mineralizadas. Los valores del background pueden ser determinados para cada elemento, para cada área y para cada tipo de muestra (roca, suelo, sedimento y agua) (Quishpe, 2013).

Para determinar los valores del background en un área, se requiere de relativamente un gran número de muestras de materiales que son analizadas geoquímicamente. Para el cálculo del Background se debe considerar la media, la moda y la mediana; por lo que el Background puede ser el valor de la media, cuando la moda es mayor a la mediana y puede ser la mediana cuando es mayor a la moda (Quishpe, 2013).

2.13.2. UMBRAL ANOMÁLICO O THRESHOLD

Geológicamente se considera que es el límite superior de las fluctuaciones de background dependiente de los coeficientes de desviación, y del nivel medio de concentración. Los valores iguales o más altos que el umbral, se consideran anomálicos y se define como la abundancia por encima de lo normal de un elemento en un ambiente que no le corresponde o dentro de una asociación o provincia geológica (Quishpe, 2013).

El threshold está en función de la concentración normal más dos veces la cantidad por la que se desvían los valores de fondo.

Las anomalías que están relacionadas a menas y que pueden ser utilizadas como guía de exploración son llamadas ANOMALÍAS SIGNIFICATIVAS, en cambio anomalías similares pero que no pueden ser utilizadas como guía en la exploración son llamadas ANOMALÍAS NO SIGNIFICATIVAS. Para todos los efectos prácticos, una anomalía significativa se caracteriza solamente por una anormal concentración alta de un elemento indicado (Quishpe, 2013).

Anomalías negativas o modelos de concentración bajos raramente se usan o no tienen utilidad en exploración. ***Todos los valores resultantes por encima del threshold deben ser considerados como anomalías.*** El threshold también puede definirse como la máxima

variación de los valores anómalos, debido a la mala manipulación de las muestras y ensayos de laboratorio.

2.14. MÉTODO GEOQUÍMICO

La geoquímica de exploración no localiza directamente a los yacimientos, pero es suficiente para indicar la presencia de anomalías. Para un reconocimiento geoquímico general se toman las muestras a través de una red de muestreo irregular o de espaciamiento grande y analizan muestras de sedimentos de ríos, de suelos y de rocas, en casos especiales se trabajan con muestras de vapor, vegetación y agua. Según los objetivos y según la distribución del área a ser prospectada posteriormente a esto se elige el método analítico adecuado como en nuestro caso *espectrometría de absorción atómica*, resultados que serán representados en un mapa o un perfil geoquímico por medio de isolíneas o es decir de líneas, que unen los puntos o lugares de la misma concentración de un elemento.

2.15. METODO ANALÍTICO

El método más común para realizar un estudio de reconocimiento es el análisis de sedimentos de ríos, los métodos comunes para una investigación detallada son el análisis de suelos y el análisis de rocas. En casos especiales se analizan vapor, vegetación y agua.

Algunos de los métodos analíticos se basan en la emisión atómica (fotometría de llama, ICP) o en la absorción atómica (espectrometría de absorción atómica).

2.15.1. ESPECTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

Aparte de la determinación de los componentes principales de una muestra, el método por absorción atómica es especialmente apto para el análisis cuantitativo de trazas de más de 40 elementos metálicos con una precisión de por lo menos 2%. El límite de detección varía entre 0,1 y 1ppm.

Se basa en la producción de un estado excitado de un átomo causada por la absorción de un fotón por el átomo. Cuando luz, que contiene el espectro del elemento específico pasa por una mezcla de gas de átomos no excitados de este elemento específico, las longitudes de ondas características para este elemento son absorbidas parcialmente produciendo de tal modo el espectro de líneas característico para este elemento. Para la mayoría de los elementos el espectro de líneas se ubica en la región ultravioleta y de la

luz visible del espectro electromagnético. Como la intensidad de la absorción depende directamente de la cantidad de átomos presentes y capaces de absorber, la extinción de la muestra y la concentración del elemento específico están relacionadas linealmente. A través de calibración se obtiene la concentración del elemento en la muestra. (Albexxus, 2014).

Las partes más importantes de un espectrómetro de absorción atómica son una fuente luminosa, la unidad de absorción como la llama de acetylen, en que la muestra es atomizada o ionizada, un monocromador normalmente una rejilla, un detector (usualmente un photomultiplier), un amplificador y una unidad para grabar los resultados. La atomización de la muestra también se puede llevar a cabo en un tubo de grafito calentado, lo que para varios elementos mejora el límite de detección. (Albexxus, 2014).

2.16. DEPOSITOS MINERALES Y SU CLASIFICACIÓN

Para la definición y clasificación de los depósitos minerales debemos tener en cuenta conceptos básicos, utilizados en geología para determinar la profundidad a la que se formó un yacimiento mineral.

Epitermal: Cerca de la superficie hasta 1500m, temperatura entre 50 - 200°C, en rocas sedimentarias y rocas magmáticas, diques, stockwork.

Mesothermal: Profundidad entre 1200 - 4500m, temperatura entre 200 - 300°C, adentro o cerca de intrusiones magmáticas, depósitos formados por substitución o como rellenos de diques, transiciones de menas macizas a stockwork.

Hipothermal: Profundidad entre 3000 - 15000m, temperatura entre 300 - 600°C, adentro o cerca de cuerpos plutónicos profundos, rellenos de vetas o substituciones, acompañados por impregnaciones, por ejemplo Sn en Cornwall.

2.16.1. DEPÓSITOS HIDROTERMALES

Son aquellos formados a partir de soluciones procedentes de la consolidación de un magma y también por la circulación de soluciones acuosas en la corteza terrestre, las cuales pueden estar constituidas por aguas magmáticas primarias o por mezcla de éstas con aguas meteóricas.

Por tanto se pueden formar yacimientos en conexión con sistemas hidrotermales magmáticos, relacionados con plutonismo profundo a intermedio (profundidades entre 500-3000m), y con sistemas hidrotermales meteórico-magmáticos, ligados a complejos volcánicos y subvolcánicos (profundidades entre 100-1000m) (Guzmán, 2013).

En la formación de depósitos, dos tipos de compuestos juegan un papel importante, sulfuros y cloruros, y otros menos comunes como: sulfatos, fluoruros, hidruros, nitratos y algún complejo orgánico (ácido húmico).

La precipitación de elementos tiene lugar como consecuencia de variaciones de temperatura, cambios de presión y ebullición, reacciones entre roca de caja y soluciones, cambios químicos por mezcla de fluidos (Guzmán, 2013).

A medida que Un magma se solidifica se van formando los minerales propios de las rocas ígneas (silicatos y óxidos) mientras las fases líquida y gaseosa de la mezcla se van enriqueciendo en agua con ciertos elementos sustancias en solución (F, Cl, B, CO₂, S, Fe, Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Sb, Ba, Ca, etc. Estas fases son expulsadas del magma, principalmente durante su solidificación, a temperaturas de 400 a 800°C y a considerable presión, produciendo efectos de metasomatismo y relleno en las rocas de caja. El agua expulsada de su fuente magmática se desplaza, lateral o verticalmente, para llegar finalmente a la superficie donde aflora como fuente o manantial de agua termal (Guzmán, 2013).

Desde la profundidad magmática hasta la superficie el agua pierde temperatura y presión, perdiendo en consecuencia La mayor parte de su poder disolvente. Por ello, casi todas las sustancias disueltas en el agua precipitan “en el camino” originando concentraciones o depósitos minerales.

Los conductos por los cuales el agua se moviliza son, fundamentalmente, fallas y diaclasas, aunque localmente pueden tener importancia otros espacios abiertos como vesículas de lava, intersticios de sedimentos, cuevas de disolución y brechas de colapso y de explosión. Las fallas y diaclasas no solamente sirven como conductos sino que, a medida que transcurre el proceso, se van rellenoando con las sustancias que precipitan (Guzmán, 2013).

Los depósitos minerales que se producen por este mecanismo de relleno tienen la forma del conducto y, como la mayoría de los conductos son fallas y diaclasas, las formas más comunes son las vetas.

En ciertas condiciones, y en especial cerca de la fuente magmática, las aguas calientes también pueden atacar a las rocas de caja, produciendo alteración, disolución y precipitación de nuevas sustancias en lugar de las disueltas (metasomatismo).

De acuerdo con la temperatura se han dividido los yacimientos hidrotermales en: catatermales (400-300°C), mesotermiales (300-200°C), epitermales (200-100°C) y teletermales (100-0°C).

2.16.2. DEPÓSITOS EPITERMALES

Lindgren (1922, 1933) definió el término “epitermal”, caracterizando este tipo de depósitos minerales en función de la mineralogía de las menas y de sus características texturales, así como en sus propias reconstrucciones geológicas. En la definición que estableció para estos depósitos, Lindgren incluyó numerosos yacimientos minerales de metales preciosos (con presencia o no de telururos o seleniuros), metales básicos, mercurio y antimonio (con estibina como mineral principal). En tales trabajos ya se sugirió que se trataba de un tipo de depósitos metalíferos formados a partir de fluidos acuosos influenciados por emanaciones ígneas a temperaturas relativamente bajas (<200°C) y en condiciones de presión “moderadas”.

Los depósitos epitermales se encuentran de preferencia en áreas de volcanismo activo alrededor de los márgenes activos de continentes o arcos de islas y los más importantes son los de metales preciosos (Au, Ag), aunque pueden contener cantidades variables de Cu, Pb, Zn, Bi, etc. La mineralización epitermal de metales preciosos puede formarse a partir de dos tipos de fluidos químicamente distintos (Guzmán, 2013).

Los de “baja sulfuración” (BS) son reducidos y tienen un pH cercano a neutro (la medida de concentración de iones de hidrógeno) y los fluidos de “alta sulfuración” (AS), los cuales son más oxidados y ácidos. Los términos de alta y baja sulfuración fueron introducidos por Hedenquist (1987) y se refieren al estado de oxidación del azufre. En los

de alta sulfuración el azufre se presenta como S^{4+} en forma de SO_2 (oxidado) y en los de baja sulfuración como S^{-2} en forma de H_2S (reducido).

En ambos tipos de depósitos (BS y AS) los fluidos circulan hacia la superficie a través de fracturas en las rocas y la mineralización a menudo se presenta en esos conductos (mineralización controlada estructuralmente), pero también pueden circular por niveles de rocas permeables y eventualmente mineralizar ciertos estratos. Los fluidos de BS generalmente forman vetas de relleno con metales preciosos o series de vetas/vetillas más finas, denominadas “stockwork” o “sheeted-veins”.

Los fluidos de AS más calientes y ácidos penetran más en las rocas huéspedes originando cuerpos mineralizados vetiformes, pero también disseminación en las rocas. Los depósitos de oro de BS pueden contener cantidades económicas de Ag y cantidades menores de Pb, Zn y Cu, mientras los de sistemas auríferos de AS a menudo producen cantidades económicas de Cu y algo de Ag. Otros minerales asociados con los de BS son cuarzo (incluyendo calcedonia), carbonato, pirita, esfalerita y galena, mientras los de AS contienen cuarzo, alunita, pirita y enargita (Guzmán, 2013).

Para depósitos Alta Sulfuración (Au-Ag-Cu)

Guías de Exploración

Geoquímica: Au, Cu y As dominan; también Ag, Zn, Pb, Sb, Mo, Bi, Sn, Te, W, B y Hg.

Otras guías de exploración: Estos depósitos se encuentran en estructuras de segundo orden adyacentes a zonas de falla de escala cortical, tanto en fallas normales como en transcurrentes, así como en estructuras locales asociadas con intrusiones subvolcánicas. Estos depósitos tienden a sobreyacer y flanquear depósitos de tipo pórfido de cobre-oro y subyacen a cubiertas de rocas silíceas con lixiviación ácida, arcillas y con alunita (Guzmán, 2013).

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. DOCUMENTACIÓN Y RECOPIACIÓN DE INOFORMACIÓN

Existe poca documentación de trabajos similares en el Ecuador por lo que el área de estudio contiene información única recolectada con el trabajo de campo y ensayos de laboratorio, este trabajo servirá como base para estudios posteriores y de mayor detalle que puedan desarrollarse en sectores aledaños.

3.2. ELABORACION DE MAPAS PRELIMINARES

Debido a que no se cuenta con mapas a detalle del sector por ser un área reducida se procedió a la digitalización del mapa topográfico con el programa Global Mapper de imágenes satelitales DEM a escala 1:2000, con cotas separadas cada 5 metros el mismo que nos servirá como base para el mapa geológico local, malla de muestreo y mapas de anomalías. Como se aprecia en la imagen el mapa base que nos servirá para nuestro estudio.

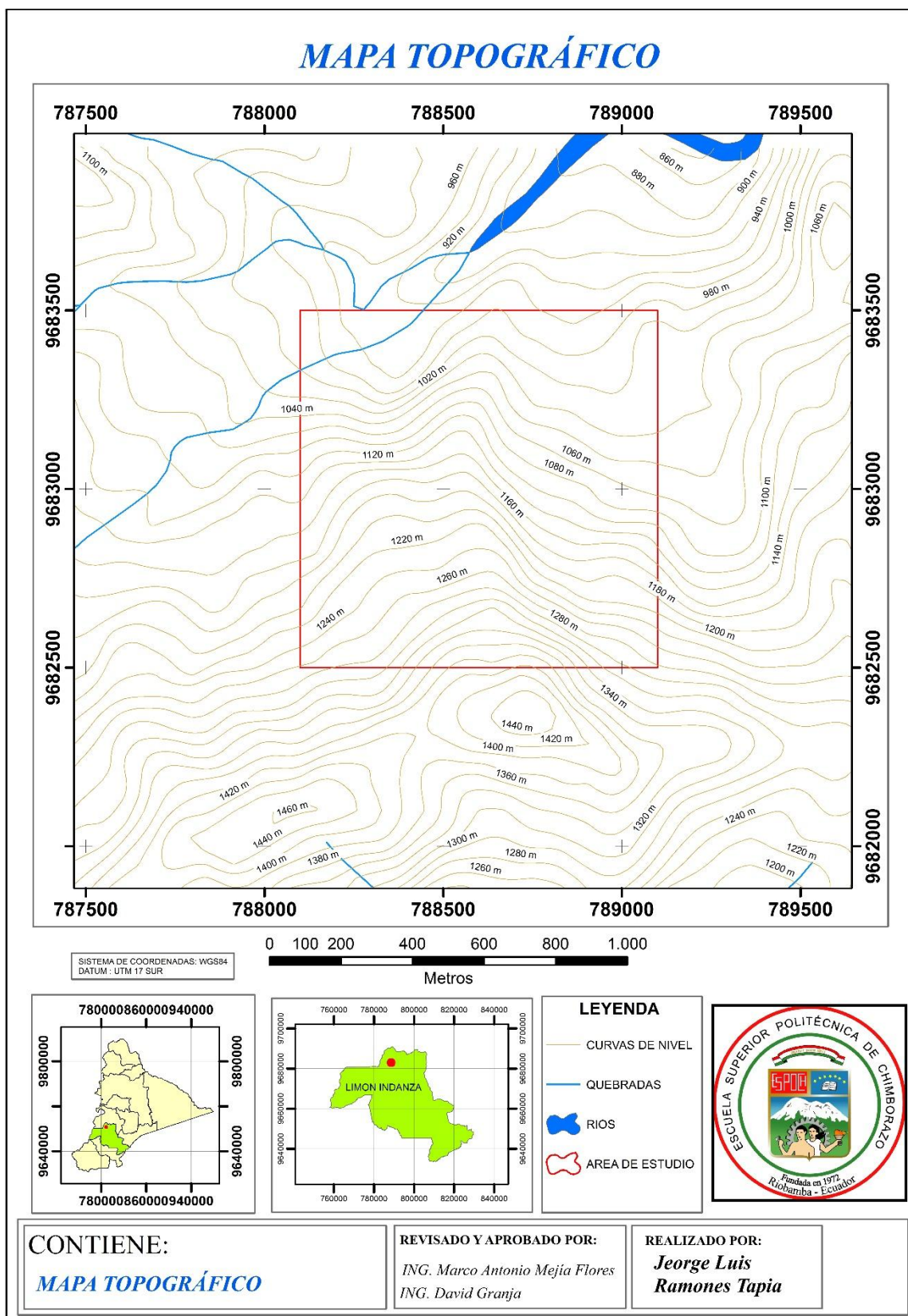


Figura 1.3: Mapa topográfico del área de estudio.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3.3. TRABAJO DE CAMPO

En el trabajo de campo se realizó transectos por todo el área de estudio en la cual primeramente se realizó un reconocimiento general del lugar identificando puntos de accesos para la recolección de datos litológicos, como segunda parte se procedió a realizar una malla de muestreo de suelos y finalmente para la recolección de muestras de roca se recolectó sin una malla simétrica ya que en todo el sector no se encontraron afloramientos rocosos.

A continuación, se detallan todas las labores realizadas para la ejecución del proyecto de investigación.

3.3.1. GEOLOGÍA LOCAL

PUNTO1: Junto	Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S		
a la Quebrada	X(longitud):	Y(latitud):	Altura: 15 metros
	788236	9683322	



Fotografía 1.3: Toma de dato estructural en esquistos.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se puede apreciar un macizo rocoso de esquistos con una coloración oscura y parte mineralizadas con calcopirita, se puede observar plegamientos por encontrarse en los bordes de la franja metamórfica de la cordillera real, las capas de esquistos tienen una dirección N35E/55NW.



Fotografía 3.3: Toma de dato estructural del contacto entre cuarcita y esquisto.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se pudo apreciar un cambio de litología entre cuarcita y esquisto en la cual la primera presenta un grado moderado de fracturación de la que se desprenden fragmentos que son depositados al pie del talud, subyacente a la cuarcita se encuentra la pizarra en la cual no se encontró indicios de mineralización; el contacto litológico tiene una dirección N25E/70NW.

PUNTO 4: Junto a

Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S

la Vía

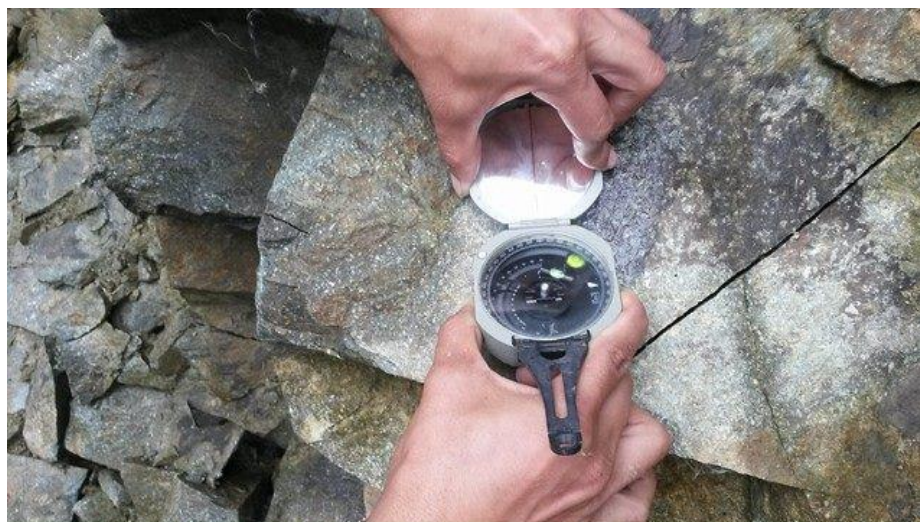
X(longitud):

Y(latitud):

Altura: 12 metros

788504

9683314



Fotografía 4.3: Toma de dato estructural en bloques de cuarcita.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se visualizó un bloque cuarcítico con mineralización de cuarzo formados en las discontinuidades del macizo rocoso, los bloques presentan una orientación N65E/48NW, con una potencia de aproximadamente 12 metros.

PUNTO 5: Junto a	Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S		
la Vía	X(longitud):	Y(latitud):	Ancho: 15 metros
	788490	9683313	

Se pudo analizar visualmente un dique granítico con dirección N60E/15SE que atraviesa toda el área de estudio, básicamente no contiene facturas y se puede apreciar a simple vista la mineralogía con textura porfirítica.

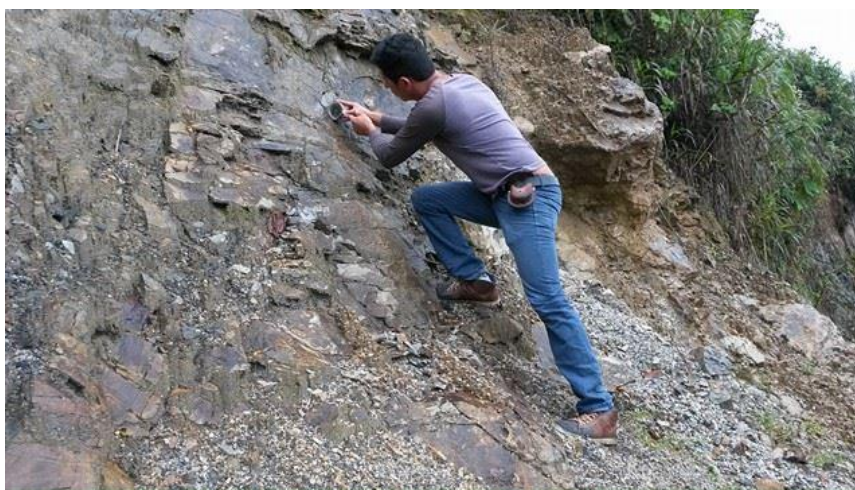
PUNTO 6: Junto a	Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S		
la Vía	X(longitud):	Y(latitud):	Altura: 9 metros
	788622	9683384	



Fotografía 5.3: Toma de dato estructural de contacto entre cuarcita y esquistos.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se pudo examinar un contacto de roca cuarcítica que subyace bajo el esquistos con una dirección N15E/3SE, adicionalmente se aprecia cristales de cuarzo que rellenan fisuras en el protolito ígneo con alto grado de fracturamiento.

PUNTO 7: Junto a	Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S		
la Vía	X(longitud):	Y(latitud):	Altura: 7 metros
	788667	9683309	



Fotografía 6.3: Toma de dato estructural de contacto entre esquistos y cuarcita.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se pudo apreciar un contacto geológico entre esquistos que subyace a la roca cuarcítica, el esquistos tiene una coloración oscura con oxidaciones de hierro y un alto fracturamiento

producto de los cambios bruscos en la dirección de las capas, el contacto geológico tiene una dirección N30E/55NW.

PUNTO 8: Junto a	Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S		
la Vía	X(longitud):	Y(latitud):	Altura: 25 metros
	788977	9682726	



Fotografía 7.3: Toma de dato estructural en bloque granítico.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se observó un dique granítico que atraviesa el área de estudio con una dirección N12E/30SE, básicamente es roca sana al no contener fracturas considerables.

PUNTO 9: Junto a	Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S		
la Vía	X(longitud):	Y(latitud):	Altura: 20 metros
	788690	9682701	



Fotografía 8.3: Toma de dato estructural del intrusivo y esquisto.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se tomó un dato estructural en el contacto entre el intrusivo y el esquisto con una dirección N55E/75SE, el esquisto presenta una alta fracturación producto de la intrusión granítica mismas que están rellenas con milonita grafitosa.

PUNTO 10: Junto

Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S

a la Vía

X(longitud):

Y(latitud):

Altura: 15 metros

788823

9682622



Fotografía 9.3: Toma de dato estructural entre cuarcita, esquisto y dique intrusivo.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

En este punto se pudo visualizar dos diferentes tipos de acontecimientos geológicos en el cual se aprecia un contacto entre roca cuarcítica y esquisto con una dirección

N30W/16SW, seguido a este contacto se observó un dique intrusivo con una potencia variable de 10 y 15 metros, mismos acontecimientos que producen fuertes plegamientos en la zona de estudio como los que se pudieron apreciar junto al río.

PUNTO 11: Junto

Coordenadas UTM – WGS 84 Zona 17S

a la Vía

X(longitud):

Y(latitud):

Altura: 6 metros

788979

9682727



Fotografía 10.3: Toma de dato estructural entre intrusivo y caliza.

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

En este afloramiento se cartografió una falla geológica que separa el intrusivo granítico de la caliza localizado al sur este del área estudiada con una dirección N60E/56SE, la caliza tiene una coloración oscura con vetillas de calcita; el intrusivo muestra un alto grado de fracturamiento, compuesto por una gran cantidad de familias de diaclasas.

Con los datos obtenidos en el campo y con la ayuda del programa AutoCAD, se elaboró el mapa geológico local (véase la figura 6.3)

3.3.2. MINERALIZACIÓN

Se pudo encontrar en los afluentes más importantes fragmentos de roca piritizados, en el río principal del sector se encontró sedimentos de roca con calcopirita, bornita y oxidaciones de hierro.



Fotografía 11.3: *Bloque cuarcítico con vetillas de cuarzo y calcopirita.*
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se observó material mineralizante en las fracturas de los bloques de cuarcita, esquisto, se visualizó migraciones de pirita diseminada dentro de fragmentos, adicionalmente se pudo observar en el extremo del área de estudio bloques de caliza negra, estos bloques tienen un buzamiento que va hacia el Sur-Este siendo la roca menos predominante en el sector de interés.

3.3.3. MUESTREO DE ROCAS

Para el muestreo de rocas se procedió a la recolección de clastos con un peso de 1kg, mismo que fueron codificados y sellados para ser analizados en laboratorio.

Se realizó un muestreo irregular por no existir afloramientos visibles en todas las superficies del terreno, por lo que, una vez identificado el macizo rocoso se procede a realizar una franja horizontal en la cual con ayuda de una punta de acero (cincel) y un combo se recolectó una muestra representativa de dicho afloramiento, que una vez cuarteada, es etiquetada, georreferenciada y descrita según la ficha de campo realizada para el muestreo de campo, a continuación se detalla los pasos a seguir en el muestreo de roca:

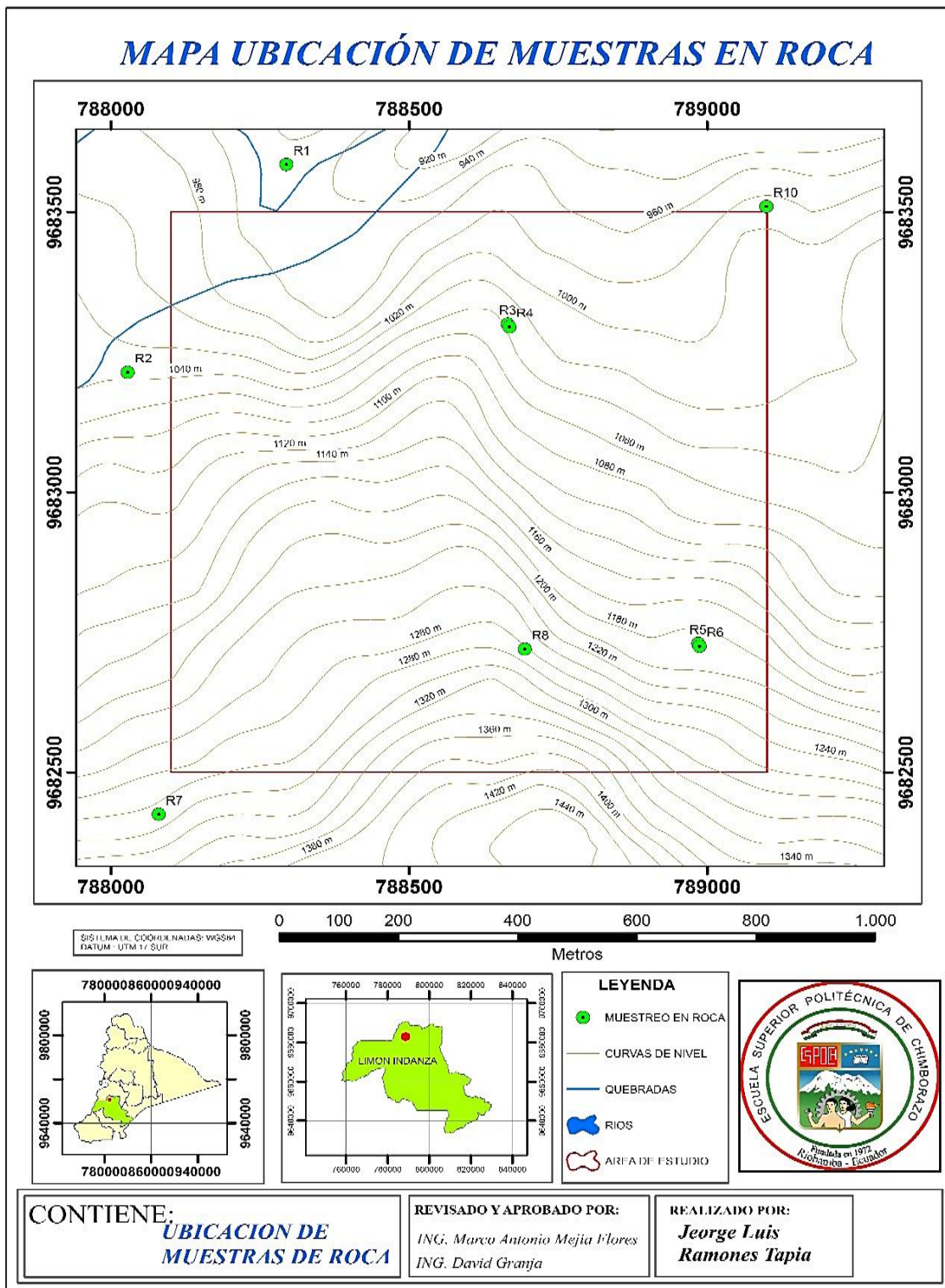


Figura 2.3: Malla de muestreo de rocas.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

1. Se identifica el afloramiento del cual se va a tomar la muestra, del mismo se describen sus rasgos morfológicos y morfométricos (tipo de roca, estructuras, fracturas, mineralización).



Fotografía 12.3: Macizo rocoso plegado, identificado para toma de muestra.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

2. Se realiza una franja horizontal, la cual con ayuda de un cincel se extrae la primera capa de roca, que está en contacto con los agentes externos, misma que es desechada por estar meteorizada.

A partir de una profundidad de 10cm aproximadamente se extrae la muestra de roca de un peso aproximado de 2kg, la misma que es colocada en una funda plástica para ser cuarteada.



Fotografía 13.3: Toma de muestra en afloramiento, muestra a ser cuarteada
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3. Finalmente se toma el punto de coordenadas, se procede a colocar la muestra de 1kg de peso en una funda plástica, se etiqueta según la codificación sugerida y se guarda para su posterior análisis.



Fotografía 14.3: Toma de muestra en afloramiento, muestra pesada y codificada.

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 1.3: Tabla de ficha de muestreo de roca.

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA		Morona Santiago		
	CANTON		Limón Indanza		
	SECTOR		Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788294		CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683585				
	COTA: 1051		R. 01	04/11/2016	
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE	X	ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N30E	50NW
		DIACLASAS	X	POTENCIA	20 m
	CIZALLA		LONGITUD	50 m	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Roca metamórfica, color gris oscuro.				

MINERALOGÍA	Roca silicificada, con granos y vetillas de cuarzo.
OBSEVACIONES	La muestra fue tomada, al margen derecho del rio, en el margen izquierdo se puede observar un plegamiento. (Anticlinal).
RESPONSABLE	Jorge Ramones

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3.3.4. MUESTREO DE SUELOS

Para la recolección de muestras de suelo se realizó una malla sistemática de referencia la cual fue modificada según las necesidades en campo (morfología del terreno y cauces hídricos).

La muestra de suelo se tomó en el horizonte B, es decir subyacente a la cobertura vegetal, a profundidades variables debido al espesor del horizonte A (cobertura vegetal).

AUGER: aparato mecánico que sirve en el muestro de suelos, su funcionamiento es atreves de presión y movimiento de torque.

1. Como primer paso, se diseñó una malla de muestreo regular de 350*350 metros, distribuidas uniformemente por toda el área de interés.

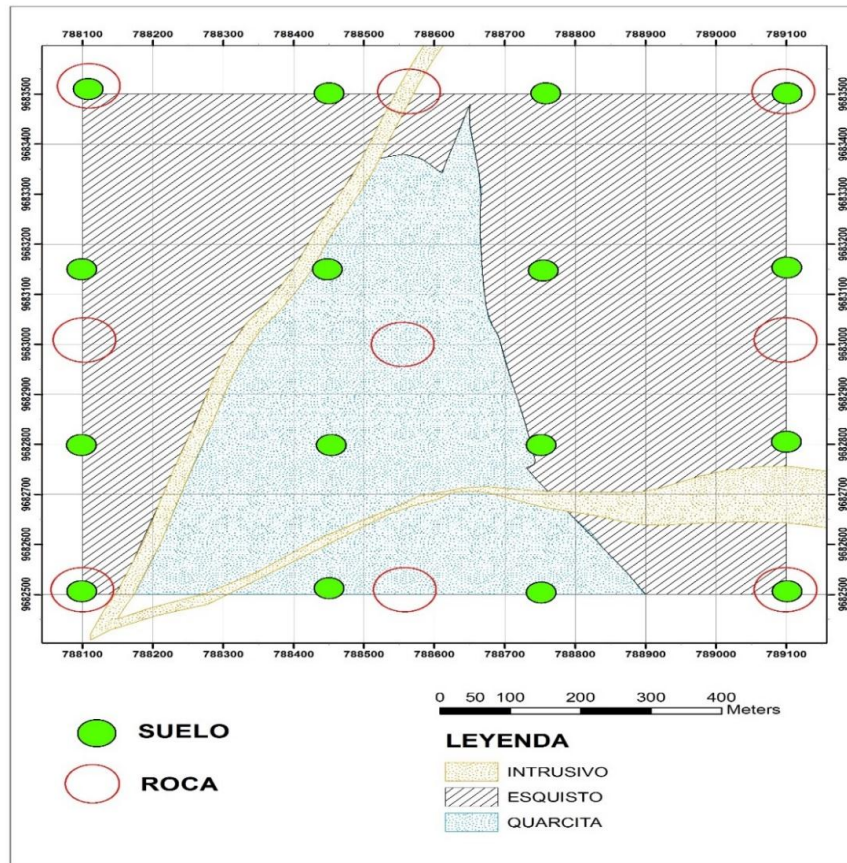
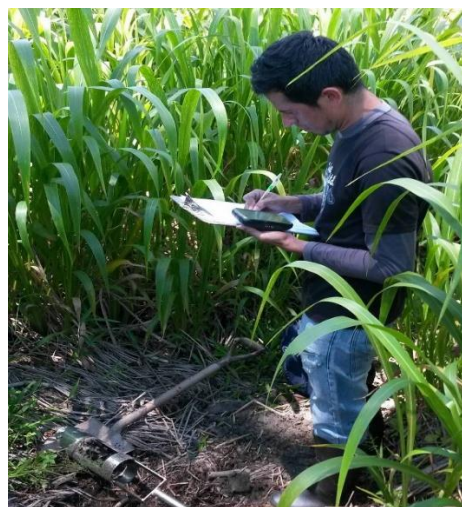


Figura 3.3: Malla de muestreo de suelos.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

- Una vez definida la malla de muestreo, con ayuda del GPS procedemos a ubicarnos en los puntos, mismo que tienen variaciones ligeras por el difícil acceso con un margen de variación de máximo 3 metros con respecto a la ubicación de diseño.



Fotografía 15.3: Toma de muestra en suelo, ubicación en el punto de muestreo.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3. Con ayuda de un machete se limpió el área de recolección de la muestra, con una pala se hizo la limpieza de palos y rocas que aflorando en la superficie del terreno.



Fotografía 16.3: Toma de muestra en suelo, limpieza de la cobertura vegetal.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

4. Una vez limpiada el área de muestreo se introduce el Auger en el terreno, extrayendo de esta forma el material que corresponde al horizonte A (humus), el cual no es tomada en cuenta para el análisis en el laboratorio.



Fotografía 17.3: Toma de muestra en suelo, muestra a ser cuarteada.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

5. El Auger es introducido hasta una profundidad de 40 a 50 cm aproximadamente, llegando así hasta el horizonte B, y retirando totalmente el material que corresponde al horizonte (A).



Fotografía 18.3: Toma de muestra en suelo, medición de la profundidad de la excavación.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

6. Posterior a esto se realiza la extracción de la muestra del horizonte (B), este material es colocado en un plástico para posteriormente realizar el cuarteo, luego de haber cuarteado se colocó la muestra en una funda plástica para ser pesada y etiquetada, obteniendo una muestra representativa de 1 kg.



Fotografía 19.3: Toma de muestra en suelo, extracción, cuarteo y pesado de la muestra.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

La muestra es georeferenciada y adicionalmente se registra las características de la misma en la ficha de muestreo (profundidad, tipo de material, etc.) la que fue elaborada de acuerdo a las necesidades de esta investigación.



Fotografía 20.3: Toma de muestra en suelo, muestra codificada y georreferenciada.

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

7. Para terminar con el proceso de muestreo, se deposita en el pozo de muestreo, el material que fue sacado para obtener la muestra, evitando así hacer alteraciones físicas en el terreno.




Fotografía 21.3: Toma de muestra en suelo, relleno del pozo de nuestro con el material sacado.

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

El registro de muestras de suelo se las puede apreciar en las respectivas fichas en los anexos 11 hasta el 26, en las cuales constan ubicación de la muestra, peso, coloración, humedad, tipo de suelo, profundidad de la muestra y observaciones del lugar.

Tabla 2.3: Ficha de muestreo de suelo.

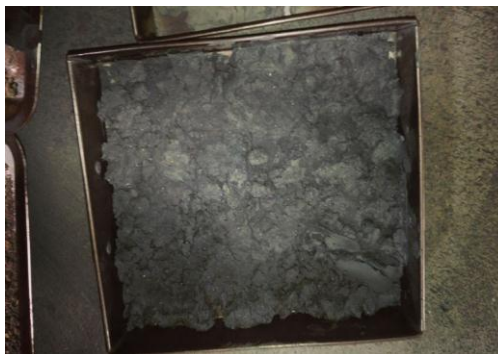
	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO		
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago	
	CANTON:	Limón Indanza	
	SECTOR:	Yungantza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788755	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9683502		
	COTA: 976	S. 05	04/11/2016
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS \pm : 5 m
	SOLEADO		
	LLUVIA		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla limosa PROFUNDIDAD: 40 cm		
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un pastizal, con una pendiente del terreno aproximada de 30 grados.</i>		
RESPONSABLE	Jorge Ramones		

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3.4. TRABAJO DE LABORATORIO

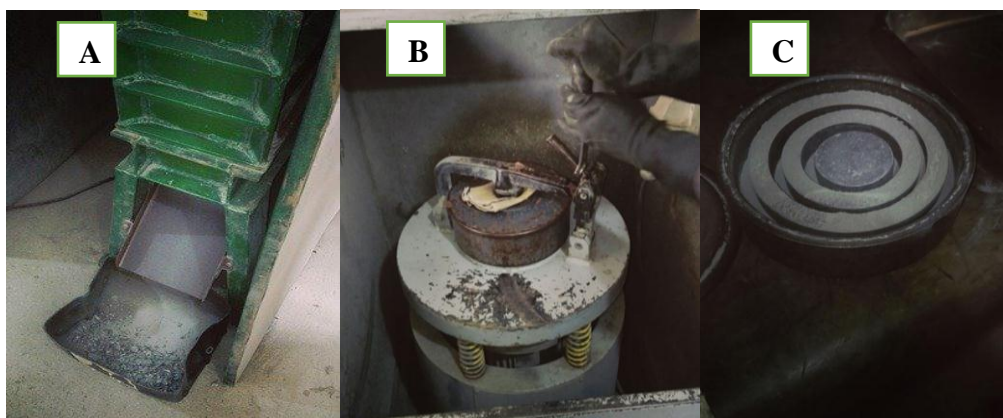
Para el análisis de muestras en el laboratorio se siguen los pasos que se describen a continuación:

- Secado y trituración de la muestra.
- Preparación de la solución y toma de datos.



Fotografía 22.3: colocación de la muestra de suelo en el recipiente, para eliminar el exceso de agua.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se procede a colocar la muestra en un recipiente de acero inoxidable, para eliminar completamente el contenido de agua, se utiliza una cocina industrial a 90°C para evitar así que la muestra pierda o se transformen las propiedades químicas.



Fotografía 23.3: Proceso de trituración de la muestra de suelo y roca; A: triturador secundario, B: Pulverizador hasta 75 micras, C: resultado final del proceso de conminución.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Una vez secada la muestra se reduce el tamaño de los fragmentos con ayuda de un triturador primario y secundario y finalmente se pulveriza la muestra hasta obtener un tamaño nominal de 75 micras (tamiz 200).



Fotografía 24.3: colocación de las muestras en fundas y codificación para pasar al proceso geoquímico.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Para culminar el proceso de conminución se coloca la muestra en fundas codificadas las mismas que pasaran a la titulación para ser analizados.

3.4.1. ANÁLISIS GEOQUÍMICO DE ROCAS Y SUELOS

A continuación, se presenta una lista con los equipos e instrumentos para el análisis geoquímico de los elementos de Arsénico y Antimonio, cabe recalcar que el proceso es el mismo para los 2 elementos, la única diferencia está en la curva de calibración estándar para cada elemento.

Reactivos

HNO₃ cc

Soluciones estándares de (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Sb y As) de 1000ppm

Agua Destilada

Materiales y equipos

Balanza de 0.01g

Vasos de vidrio de 100mL

Tubos de ensayo de vidrio de 20mL de capacidad

Dispensadores de ácido de 25 mL

Gradilla de tubos de ensayo de 40 posiciones

Pipetas de 1.0 y 5.0 ml

Espectrómetro de Absorción Atómica AA-300

Campana extractora de gases

Como primer paso se toma un volumen aproximado de 5cm^3 de muestra, este volumen es pesado y disuelto en 10ml de ácido nítrico.



Fotografía 25.3: A: Pesado de una porción de 5cm^3 de muestra; B: Muestra disuelta en ácido nítrico.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Este proceso ataca al elemento inerte y forma un reactivo con el elemento a ser analizado, estas reacciones se producen a una temperatura de 110°C y expulsa material inerte en forma de vapor, por lo que las pipetas deben ser puestas en un extractor de gases.



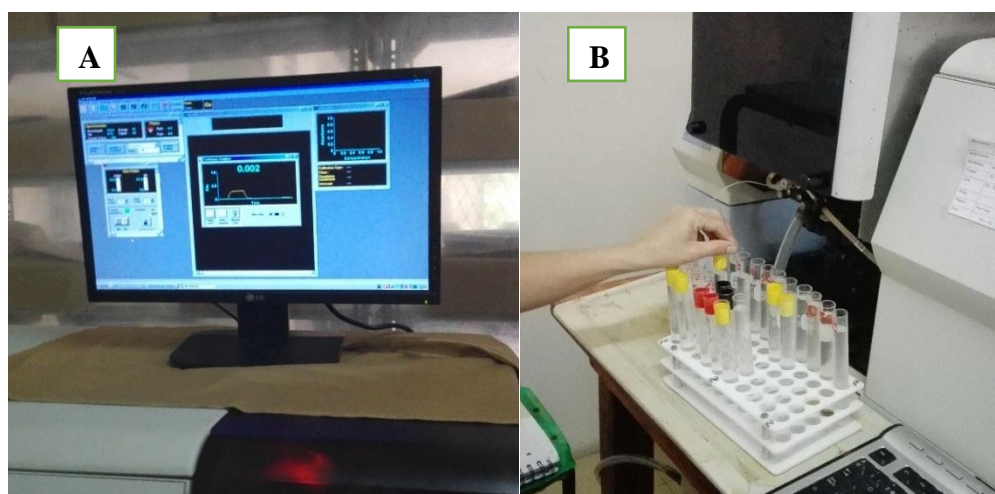
Fotografía 26.3: Ataque químico de la muestra a una temperatura de 110°C .
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

El material que no se evaporó en el proceso anterior es colocado en pipetas de 1ml, las mismas que estarán listas para ser analizadas en el Espectrómetro de Absorción Atómica AA-300.



Fotografía 27.3: colocación de la solución en las pipetas de 1ml.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Finalmente se ajusta el espectrómetro según la tabla de calibración estándar para el elemento de interés, antes de empezar el electrodo tiene que estar limpio y libre de impurezas que puedan alterar el resultado de la muestra.



Fotografía 28.3: A: Configuración del espectrómetro; B: Calibración con una muestra estándar.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Una vez calibrado el espectrómetro se realizan los análisis de las muestras y se toman las lecturas del elemento de interés.



Fotografía 29.3: Lectura de los resultados de las muestras.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3.5. TRABAJO DE OFICINA

3.5.1. ELABORACION DE MAPAS DE ANOMALIAS DE SUELOS

Para la elaboración del mapa de anomalías de suelo se realizó una tabla en Excel en la cual consta datos de ubicación de la muestra, concentraciones en ppm, mismas que son exportadas en Arcgis y con ayuda de la herramienta de análisis de datos interpolamos para generar el mapa de anomalías.

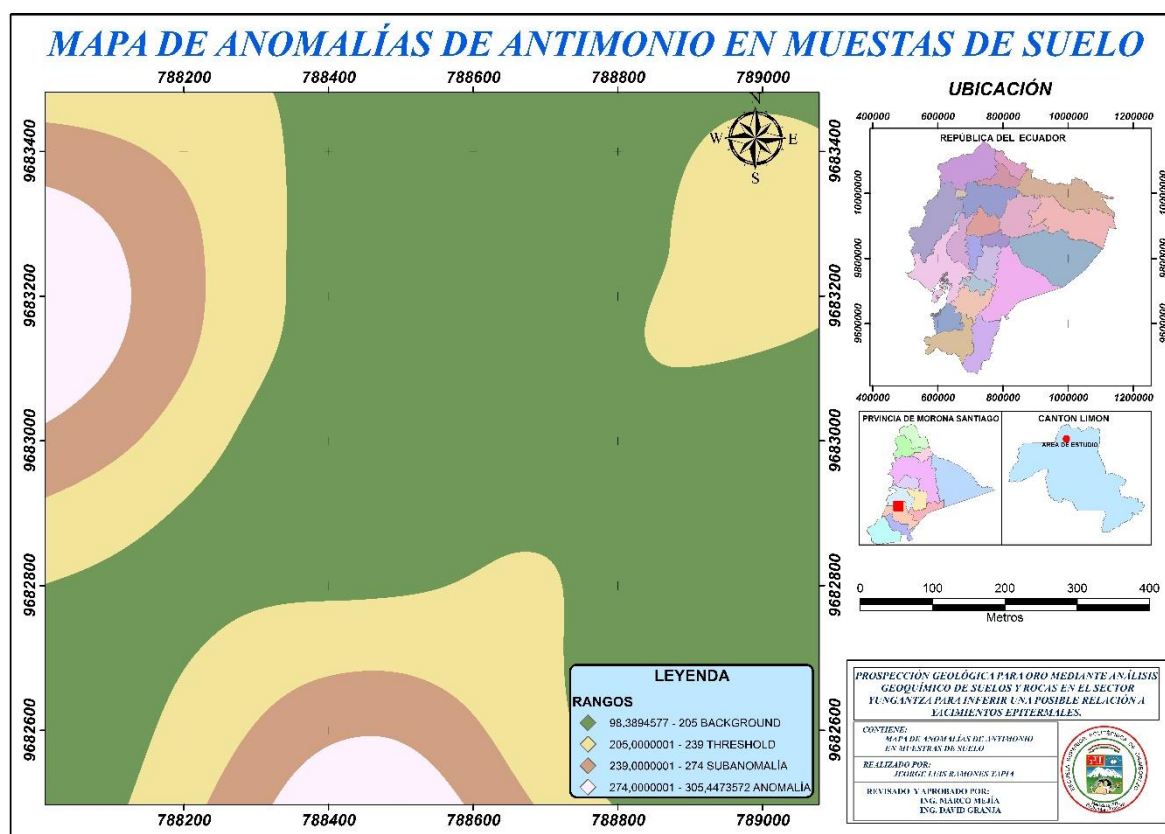


Figura 4.3: Mapa de anomalía en suelo.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3.5.2. ELABORACION DE MAPAS DE ANOMALIAS DE ROCAS

Para la elaboración del mapa de anomalías de rocas se realizó una tabla en Excel en la cual consta datos de ubicación de la muestra, concentraciones en ppm (As y Sb), mismas que son exportadas en Arcgis y con ayuda de la herramienta de análisis de datos interpolamos para generar el mapa de anomalías de los elementos exploradores en muestras de rocas.

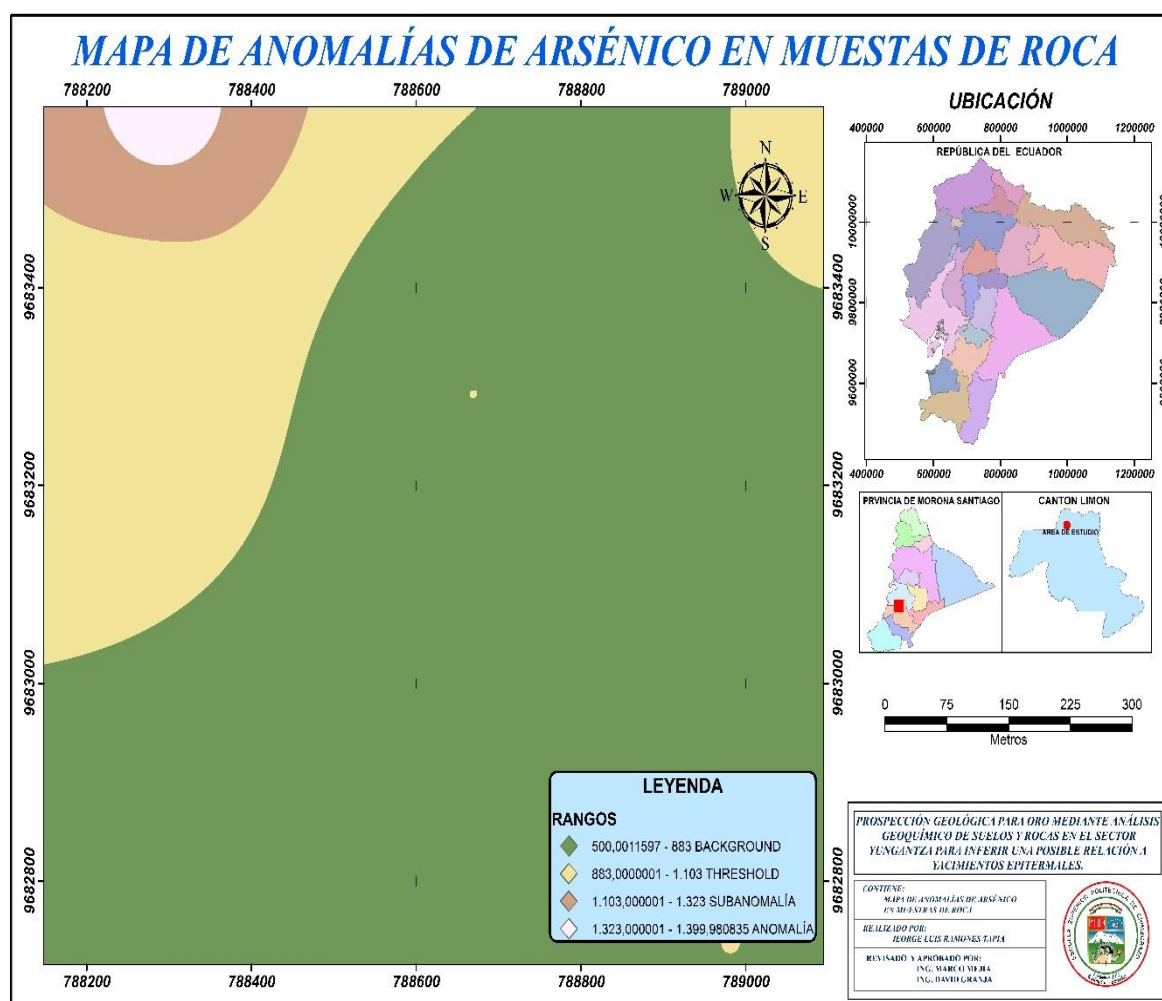


Figura 5.3: Mapa de anomalías en roca.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

3.5.3. ELABORACION DEL MAPA GEOLÓGICO

Con ayuda del programa AutoCAD se proyectan los datos estructurales y contactos formacionales obtenidos con el levantamiento geológico de campo, luego son exportados al programa Arcgis para generar el mapa geológico local.

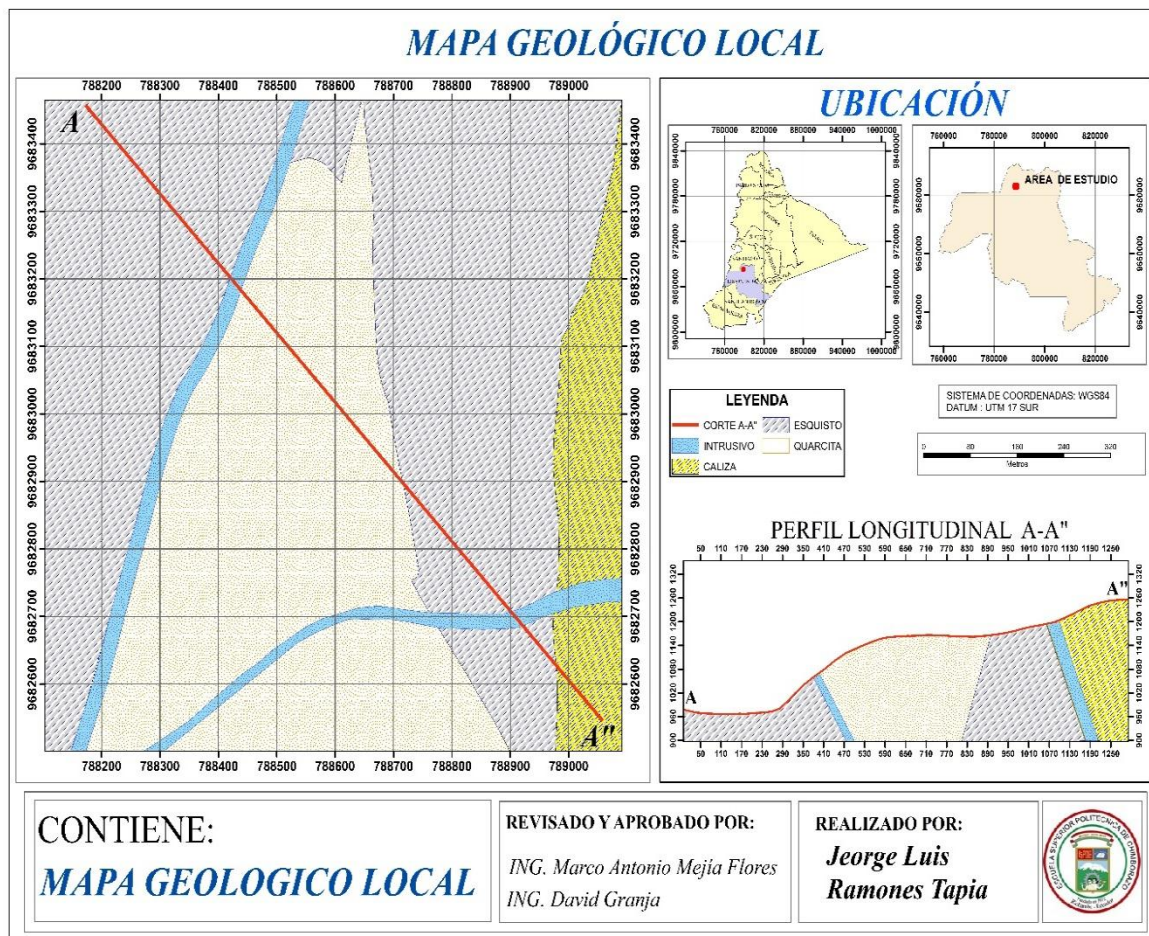


Figura 6.3: Mapa Geológico local.
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

CAPITULO IV

4. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Para el análisis e interpretación de los datos nos basamos en el método de *Lepeltier* modificado, el cual nos define que el Background es el equivalente a la media aritmética; el Threshold es el equivalente a la suma de la media aritmética más la desviación estándar; la Subanomalía es igual a la suma de dos desviaciones estándar más la media aritmética y la Anomalía definida igual a cuatro desviaciones estándar más la media aritmética (Lepeltier, 1969)

Cabe recalcar que en este método los datos que superen el Threshold ya son considerados anómalos, pero ya para fines de exploración avanzada debemos definir rangos superiores en los cuales se tendrá la certeza de una anomalía definida.

4.1.TABULACION DE ENSAYOS

Los datos de laboratorio fueron entregados en porcentajes por lo que se los transformó a partes por millón (ppm), mismos que han sido procesados y analizados en Excel, para fines prácticos se separó en cuatro bloques los resultados de arsénico y antimonio, tanto para suelos como para rocas.

La hoja de los resultados abalizados por el laboratorio Albexus se los puede observar en el ANEXO 1.

Tabla 1.4: *Tabla de resultados de las concentraciones de Arsénico y Antimonio.*

ARSÉNICO			ANTIMONIO		
Código	%	Ppm	Código	%	Ppm
S1	0,13	1300	S1	0,02	200
S2	0,05	500	S2	0,02	200
S3	0,12	1200	S3	0,03	300
S4	0,14	1400	S4	0,02	200
S5	0,02	200	S5	0,02	200
S6	0,13	1300	S6	0,02	200
S7	0,06	600	S7	0,02	200
S8	0,12	1200	S8	0,02	200
S9	0,11	1100	S9	0,01	100
S10	0,11	1100	S10	0,02	200
S11	0,16	1600	S11	0,02	200
S12	0,09	900	S12	0,03	300
S13	0,17	1700	S13	0,02	200
S14	0,16	1600	S14	0,02	200
S15	0,1	1000	S15	0,02	200
S16	0,12	1200	S16	0,02	200
R1	0,14	1400	R1	0,01	100
R2	0,09	900	R2	0,03	300
R3	0,05	500	R3	0,02	200
R4	0,1	1000	R4	0,01	100
R5	0,1	1000	R5	0,02	200
R6	0,07	700	R6	0,02	200
R7	0,05	500	R7	0,01	100
R8	0,05	500	R8	0,01	100
R9	0,1	1000	R9	0,32	3200
R10	0,09	900	R10	0,01	100

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

4.2. PROCESAMIENTO DE DATOS

Para aplicar los métodos estadísticos de interpretación Geoquímica, se debe analizar de manera independiente los datos según el elemento explorador, es decir que para suelo y roca el resultado variará según la concentración normal del elemento en el lugar.

4.2.1. PARÁMETROS ESTADÍSTICOS

Dentro de estos parámetros se tiene los siguientes términos utilizados:

Clase: es la ordenación o agrupación de los valores en ppm presentes en un elemento determinado, según la amplitud dada por el método de procesamiento de muestras utilizado.

Intervalo de Clase (C): Es la amplitud constante asignada para cada clase. Este intervalo puede ser logarítmico, calculado en función del rango y del número de clases.

Rango (R): es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de una población considerada.

Frecuencia (f): es el número de veces que se repite o aparece el mismo dato estadístico en un conjunto de observaciones de una investigación determinada.

Frecuencia acumulada (fa): es la acumulación a las frecuencias de un elemento en forma ordenada de valores de clases menores a mayores o viceversa.

Desviación Estándar (δ): Describe la tendencia o dispersión de la distribución. Es la medida de desviación alrededor de la media.

Coefficiente de Correlación (δ).- Este se halla entre -1 y +1. Cuando $\delta=0$, existe una total independencia entre las variables log-normal, $\delta= +1$ o $\delta= -1$, representa una relación perfecta entre las variables, en forma directa o inversa ,respectivamente. En geoquímica, ninguno de estos casos ocurre (Piedra, 1990).

Segùn Lepeltier (1969), este valor sería más significativo desde el punto de vista geológico que los estadísticamente calculados.

Los datos obtenidos fueron analizados de forma independiente realizando un estudio geo estadístico para datos agrupados, en los cuales se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 2.4: Concentración de Arsénico en suelo

ARSÉNICO		
Código	%	Ppm
S1	0,13	1300
S2	0,05	500
S3	0,12	1200
S4	0,14	1400
S5	0,02	200
S6	0,13	1300
S7	0,06	600
S8	0,12	1200
S9	0,11	1100
S10	0,11	1100
S11	0,16	1600
S12	0,09	900
S13	0,17	1700
S14	0,16	1600
S15	0,1	1000
S16	0,12	1200

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 3.4: Cálculos estadísticos de arsénico en suelo.

MUESTRAS DE SUELO DE ARSÉNICO						
CLASES	Fi	fr	Fa	Xi	Xi*fi	Xi2*fi
C=1+3,33log(n)						
200-500	2	0,1	2	350	700	245000
501-800	1	0,1	3	650	650	422500
801-1100	4	0,3	7	950	3800	3610000
1101-1400	6	0,4	13	1250	7500	9375000
1401-1700	3	0,2	16	1500	4500	6750000
TOTAL	16	1	41	4700	17150	20402500
RESULTADOS DE SUELO DE ARSÈNICO						
MEDIA ARITMETICA	DESVIACION ESTANDAR	BACKGROUND	THRESHOLD	SUBANOMALÍA	ANOMALÍA	ANOMALÍA DEFINIDA
$X=(fi*Xi)/n$	$\sigma=fi(Xi-X)/(n-1)$	X	$\sigma+X$	$2\sigma+X$	$3\sigma+X$	$4\sigma+X$
1072	355	1072	1427	1782	2138	2493

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 4.4: Concentración de Arsénico en roca.

ARSÉNICO		
Código	%	Ppm
R1	0,14	1400
R2	0,09	900
R3	0,05	500
R4	0,1	1000
R5	0,1	1000
R6	0,07	700
R7	0,05	500
R8	0,05	500
R9	0,1	1000
R10	0,09	900

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 5.4: Cálculos estadísticos de arsénico en roca.

MUESTRAS DE ROCA DE ARSÉNICO						
CLASES	Fi	fr	fa	Xi	Xi*fi	Xi2*fi
C=1+3,33log(n)						
500-725	3	0,3	3	612,5	1837,5	1125468,75
726-950	3	0,3	6	837,5	2512,5	2104218,75
951-1175	3	0,3	9	1062,5	3187,5	3386718,75
1176-1400	1	0,1	10	1287,5	1287,5	1657656,25
TOTAL	10	1	10	3800	8825	8274062,5
RESULTADOS DE ROCA DE ARSÉNICO						
MEDIA ARIMETICA	DESVIACION ESTANDAR	BACKGROUND	THRESHOLD	SUBANOMALÍA	ANOMALÍA	ANOMALÍA DEFINIDA
$X=(fi*Xi)/n$	$\sigma=fi(Xi-X)/(n-1)$	X	$\sigma+X$	$2\sigma+X$	$3\sigma+X$	$4\sigma+X$
883	220	883	1103	1323	1544	1764

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 6.4: Concentración de Antimonio en suelo.

ANTIMONIO		
Código	%	Ppm
S1	0,02	200
S2	0,02	200
S3	0,03	300
S4	0,02	200
S5	0,02	200
S6	0,02	200
S7	0,02	200
S8	0,02	200
S9	0,01	100
S10	0,02	200
S11	0,02	200
S12	0,03	300
S13	0,02	200
S14	0,02	200
S15	0,02	200
S16	0,02	200

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 7.4: Cálculos estadísticos de Antimonio en suelo.

MUESTRAS DE SUELO DE ANTIMONIO						
CLASES	f_i	Fr	fa	X_i	$X_i * f_i$	$X_i^2 * f_i$
$C=1+3,33\log(n)$						
100-140	1	0,1	1	120	120	14400
141-180	0	0	1	160	0	0
181-220	13	1,3	14	200	2600	520000
221-260	0	0	14	240	0	0
261-300	2	0,2	16	280	560	156800
TOTAL	16	1	16	1000	3280	691200
RESULTADOS DE SUELO DE ANTIMONIO						
MEDIA ARITMETICA	DESVIACION ESTANDAR	BACKGROUND	THRESHOLD	SUBANOMALÍA	ANOMALÍA	ANOMALÍA DEFINIDA
$X=(f_i * X_i)/n$	$\sigma=f_i(X_i-X)/(n-1)$	X	$\sigma+X$	$2\sigma+X$	$3\sigma+X$	$4\sigma+X$
205	34	205	239	274	308	342

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Tabla 8.4: Concentración de Antimonio en roca.

ANTIMONIO		
Código	%	Ppm
R1	0,01	100
R2	0,03	300
R3	0,02	200
R4	0,01	100
R5	0,02	200
R6	0,02	200
R7	0,01	100
R8	0,01	100
R9	0,32	3200
R10	0,01	100

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

La muestra de roca **R9** no se considera para el análisis estadístico ya que no se encuentra dentro de los rangos normales de concentración por lo que se puede considerar un error de titulación de la muestra.

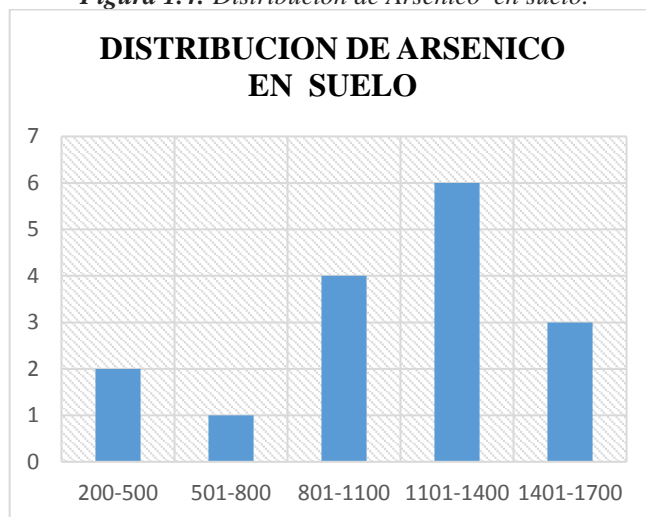
Tabla 9.4: Cálculos estadísticos de Antimonio en roca.

MUESTRAS DE ROCA DE ANTIMONIO						
CLASES	fi	Fr	fa	Xi	Xi*fi	Xi²*fi
C=1+3,33log(n)						
100-150	5	0,6	5	125	625	78125
151-200	3	0,3	8	175	525	91875
201-250	0	0,0	8	225	0	0
251-300	1	0,1	9	275	275	75625
TOTAL	9	1	9	800	1425	245625
RESULTADOS DE ROCA DE ANTIMONIO						
MEDIA ARITMETICA	DESVIACION ESTANDAR	BACKGROUND	THRESHOLD	SUBANOMALÍA	ANOMALÍA	ANOMALÍA DEFINIDA
$X=(fi*Xi)/n$	$\sigma=fi(Xi-X)/(n-1)$	X	$\sigma+X$	$2\sigma+X$	$3\sigma+X$	$4\sigma+X$
158	47	158	205	253	300	347

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Como podemos observar en el grafico la mayor concentración de elementos están en los rangos de 1101 hasta 1400 siendo las muestras S1, S3, S4, S6, S8 y S16.

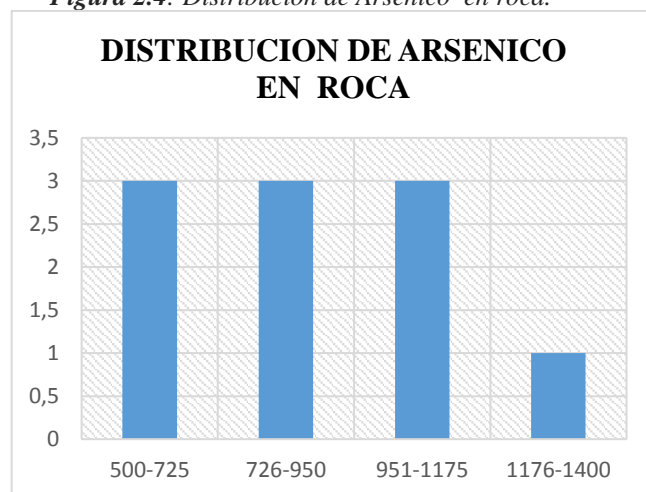
Figura 1.4: Distribución de Arsénico en suelo.



Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Se puede observar en el gráfico adjunto en la cual la distribución del arsénico en roca se distribuye uniformemente en tres primeros rangos esto se debe a la forma de distribución de los bloques de roca en el lugar.

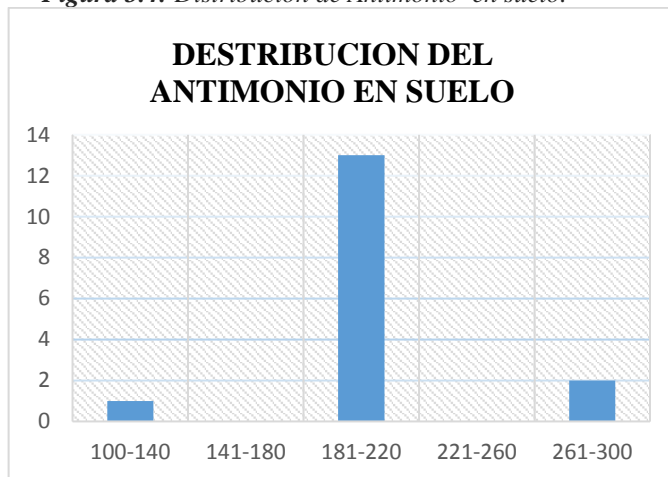
Figura 2.4: Distribución de Arsénico en roca.



Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Para las muestras de antimonio en suelo se observa que las muestras se concentran en los rangos de 181-220, y 2 muestras se concentran en los rangos 261-300.

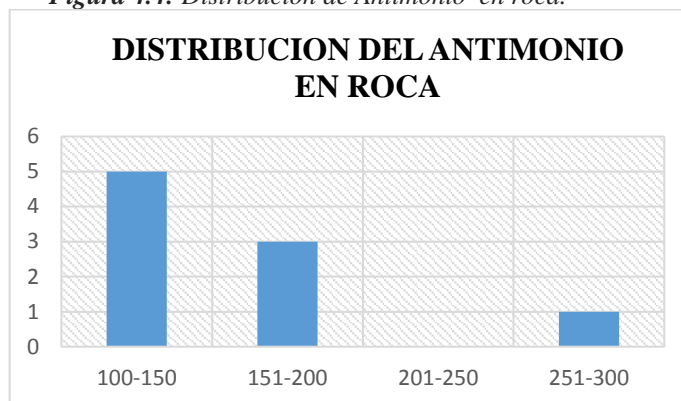
Figura 3.4: Distribución de Antimonio en suelo.



Elaborado por: Ramones, J. (2017)

La distribución del antimonio en roca se concentra en los rangos mínimos de 100-150 y la máxima en el rango de 251-300.

Figura 4.4: Distribución de Antimonio en roca.



Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Línea de tendencia central y coeficiente de correlación de Pearson, para las muestras de Arsénico y Antimonio en suelo se obtuvieron con la siguiente tabla:

Tabla 10.4: Cálculos estadísticos de la línea de tendencia central de As y Sb en suelo.

Antimonio S	Arsénico S		
Y	x	x ²	Xy
1300	200	40000	260000
500	200	40000	100000
1200	300	90000	360000
1400	200	40000	280000
200	200	40000	40000
1300	200	40000	260000
600	200	40000	120000
1200	200	40000	240000
1100	100	10000	110000
1100	200	40000	220000
1600	200	40000	320000
900	300	90000	270000
1700	200	40000	340000
1600	200	40000	320000
1000	200	40000	200000
1200	200	40000	240000
17900	3300	710000	3680000

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Ecuación de la línea de tendencia central

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = -0,404$$

$$b = \frac{\sum y - a\sum x}{n}$$

$$b = 2137,12$$

Tabla 11.4: Cálculos estadísticos del coeficiente de correlación de Pearsson entre As y Sb en suelo.

Y	X	x-x med	y-y med	(x-x) ²	(y-y) ²	(x-x)(y-y)
200	1300	181,25	-6,25	32851,5625	39,0625	-1132,8125
200	500	-618,75	-6,25	382851,563	39,0625	3867,1875
300	1200	81,25	93,75	6601,5625	8789,0625	7617,1875
200	1400	281,25	-6,25	79101,5625	39,0625	-1757,8125
200	200	-918,75	-6,25	844101,563	39,0625	5742,1875
200	1300	181,25	-6,25	32851,5625	39,0625	-1132,8125
200	600	-518,75	-6,25	269101,563	39,0625	3242,1875
200	1200	81,25	-6,25	6601,5625	39,0625	-507,8125
100	1100	-18,75	-106,25	351,5625	11289,0625	1992,1875
200	1100	-18,75	-6,25	351,5625	39,0625	117,1875
200	1600	481,25	-6,25	231601,563	39,0625	-3007,8125
300	900	-218,75	93,75	47851,5625	8789,0625	-20507,8125
200	1700	581,25	-6,25	337851,563	39,0625	-3632,8125
200	1600	481,25	-6,25	231601,563	39,0625	-3007,8125
200	1000	-118,75	-6,25	14101,5625	39,0625	742,1875
200	1200	81,25	-6,25	6601,5625	39,0625	-507,8125
3300	17900			2524375	29375	-11875

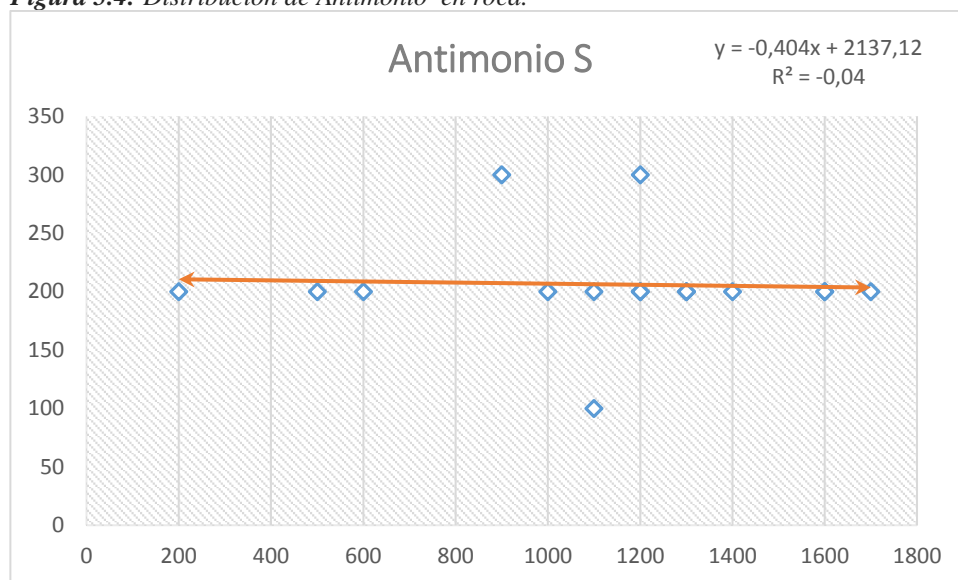
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Coeficiente de correlación de Pearson

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

$$r = -0,04$$

Figura 5.4: Distribución de Antimonio en roca.



Elaborado por: Ramones, J. (2017)

La línea de tendencia central y el coeficiente de correlación de Pearson, para las muestras de Arsénico y Antimonio en roca se obtuvieron con la siguiente tabla:

Tabla 12.4: Cálculos estadísticos de la línea de tendencia central de As y Sb en rocas.

Arsenico R	Antimonio R		
Y	X	x ²	XY
1400	100	10000	140000
900	300	90000	270000
500	200	40000	100000
1000	100	10000	100000
1000	200	40000	200000
700	200	40000	140000
500	100	10000	50000
500	100	10000	50000
900	100	10000	90000
7400	1400	260000	1140000

Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Ecuación de la línea de tendencia central

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = -0,263$$

$$b = \frac{\sum y - a\sum x}{n} \quad b = 863,16$$

Tabla 13.4: Cálculos estadísticos del coeficiente de correlación de Pearson entre As y Sb en roca.

Y	X	x-xmed	y-ymed	(x-x)^2	(y-y)^2	(x-x)(y-y)
1400	100	-55,56	577,78	3086,42	333827,16	-32098,77
900	300	144,44	77,78	20864,20	6049,38	11234,57
500	200	44,44	-322,22	1975,31	103827,16	-14320,99
1000	100	-55,56	177,78	3086,42	31604,94	-9876,54
1000	200	44,44	177,78	1975,31	31604,94	7901,23
700	200	44,44	-122,22	1975,31	14938,27	-5432,10
500	100	-55,56	-322,22	3086,42	103827,16	17901,23
500	100	-55,56	-322,22	3086,42	103827,16	17901,23
900	100	-55,56	77,78	3086,42	6049,38	-4320,99
7400	1400			42222,22	735555,56	-11111,11

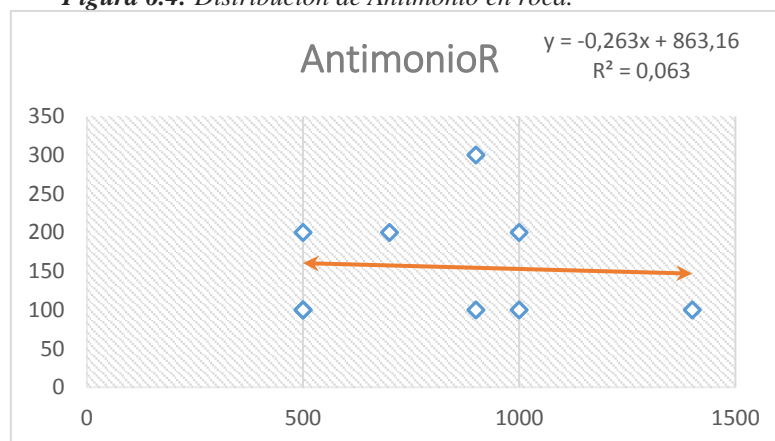
Elaborado por: Ramones, J. (2017)

Coeficiente de correlación de Pearson

$$r = \frac{\sum (x-xm)(y-ym)}{\sqrt{\sum (x-xm)^2 \sum (y-ym)^2}}$$

$$r = -0,063$$

Figura 6.4: Distribución de Antimonio en roca.



Elaborado por: Ramones, J. (2017)

CAPITULO V

5.1. CONCLUSIONES

- Los resultados del análisis estadístico del muestreo de suelo para arsénico, tenemos un Background de 1072ppm, Threshold 1427ppm y una Subanomalía de 1782ppm.
- En el análisis estadístico de arsénico en roca, tenemos un Background de 883ppm, Threshold de 1103ppm, una Subanomalía de 1323ppm y anomalía de 1544ppm.
- Se determinó las concentraciones de antimonio en suelo teniendo un Background de 205ppm, Threshold 239ppm, una Subanomalía de 274ppm y anomalía de 308ppm.
- Los resultados de concentraciones de antimonio en roca teniendo un Background de 158ppm, Threshold 205ppm, una Subanomalía de 253ppm y una anomalía de 300ppm.
- Se observó que el dato R9 de antimonio para roca tiene un valor de 3200 ppm, por lo que no se toma en cuenta para el análisis estadístico por ser un dato que está sobrevalorado, pudiendo ser un error de ensayo.
- Se puede apreciar una concentración anómala de los elementos exploradores, y se encuentra en dirección Oeste, es decir en junto a la franja metamórfica de la cordillera real.
- Se concluye que en el área de estudio existen concentraciones anómalas de elementos exploradores (arsénico y antimonio), tanto en suelo como en roca pudiendo inferir que está relacionado a un yacimiento primario, pero no se puede determinar el tipo de yacimiento.

5.2. RECOMENDACIONES

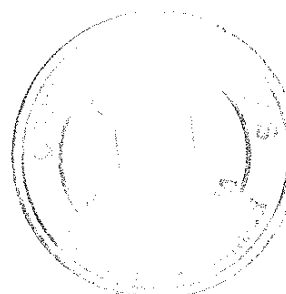
- Hacer un estudio más detallado en dirección NW a nuestra área de estudio, junto a la franja metamórfica de la cordillera real; debido a la mayor concentración de anomalías en la mencionada dirección.
- Hacer un estudio geoquímico junto al punto de muestreo R9, ya que este dato se tomó en una veta obteniendo resultados altos de Antimonio y no existe más datos en veta para validar este resultado.
- Ampliar el área de estudio hasta unos 10km², extendiendo la malla de muestreo, y correlacionar los resultados obtenidos con el presente trabajo.
- Realizar un análisis geoquímico de mercurio ya que se ha podido observar que este elemento se encuentra muy asociado a los principales yacimientos epitermales del país, y que por falta de laboratorio no se pudo analizar en este trabajo de investigación.

CAPITULO VI

6.1. ABSTRAC

The present research proposes: to prospect for gold in the Yunganza sector, through geochemistry of soils and rocks, whose guiding elements are correlated with each other and with geological structures of the field, to infer a possible relation to epithermal deposits: applying a methodology of work distributed in three phases. In the first one the fieldwork was carried out, which consists of the geological mapping and the collection of samples of soil and rocks with an approximate weight of 1kg each, properly georeferenced; The second describes the laboratory work in which the samples were prepared for analysis by the atomic absorption spectrometry method where the concentration of Arsenic and Antimony of the analyzed samples is obtained; In the third, the necessary statistical analysis was performed to determine the normal and anomalic values for the elaboration of the different thematic maps. The results reveal that in the study area there are anatomical concentrations of the explored elements (arsenic and antimony), both in the soil and in the rock, allowing to infer that in the area of investigation is related to a primary deposit, but it cannot be determined the type of reservoir. According to Pearson's correlation coefficient there is an independence between the two explorers. It is recommended to expand the sampling mesh in a northwesterly direction since in that direction there is a greater concentration of anomalies of the exploring elements.

Keywords: GEOLOGICAL STRUCTURES OF FIELD- GEOQUIMICATIC PROSPECTION- EPITERMAL YACIMIENTO



6.2. RESUMEN

RESUMEN

La presente investigación propone: prospeccionar oro en el sector Yunganza, mediante geoquímica de suelos y rocas, cuyos elementos guías sean correlacionados entre sí y con estructuras geológicas de campo, para inferir una posible relación a yacimientos epitermales; aplicando una metodología de trabajo distribuida en tres fases. En la primera se realizó el trabajo de campo que consiste en el mapeo geológico y la recolección de muestras de suelo y rocas con un peso aproximado de 1 kg cada una debidamente georreferenciadas; en la segunda se describe el trabajo de laboratorio en la cual se preparó las muestras para el análisis mediante el método de espectrometría de absorción atómica donde se obtiene la concentración de Arsénico y Antimonio de las muestras analizadas; en la tercera se realizó el análisis estadístico necesario para determinar los valores normales y anómicos para la elaboración de los diferentes mapas temáticos. Los resultados revelan que en el área de estudio existen concentraciones anómalas de elementos exploradores (arsénico y antimonio), tanto en suelo como en roca, permitiendo inferir que la zona de investigación está relacionada con un yacimiento primario, pero no se puede determinar el tipo de yacimiento. Según el coeficiente de correlación de Pearson existe una independencia entre los dos elementos exploradores. Se recomienda ampliar la malla de muestreo en dirección nor-oeste ya que en esa dirección se encuentra la mayor concentración de anomalías de los elementos exploradores.

Palabras clave: ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS DE CAMPO - PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA- YACIMIENTO EPITERMAL

Por: Jorge Luis Ramones Tapia



CAPITULO VII

7.1. BIBLIOGRAFÍA

Albexus, L. M. (2014). *Manual de Laboratorio*. Pinas, Ecuador.

Baldock, J. W. (1982). *Geología del Ecuador*. En Boletín de explicación del mapa geológico de la República del Ecuador (1:1'000000). Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, división general de geología y minas. (pág. 54). Quito-Ecuador.

Duque, P. (2011). *Potencial minero del Ecuador, perversos versos de la minería*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Ministerio de Minería (2015). *Una mirada a la historia de la minería nacional. Surge otro escenario minero en el Ecuador*, pág. 2. Quito, Ecuador.

Fierro, F. (2012). *Levantamiento Geológico del Rosario*. Cuenca.

Griem-Klee. (28 de noviembre de 2016). *Apuntes Geología*. Obtenido de <https://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC/TEXT/0300-geoquimica-exploracion.htm>

Grupo Consultor A.C.M.E. (2015). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Yunganza*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1460020130001_capitulo%201%20diagn%c3%93stico%20yunganza_23-06-2015_19-51-21.pdf. Limón.

Guzmán, F. V. (2013). *Geología Económica de los Recursos Minerales*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas de Madrid.

Lepeltier. (1969). *Analisis estadistico modificado*. Alemania.

Lindgren, T. (2002). *Los yacimientos Epitermales*. Paris, Francia: Adventure Works.

Morales, A. (1985). *Técnicas y métodos utilizados en prospección geoquímica y geofísica*. Manual 17. Chile.

Meyer, C., & Helmeý, J. J. (1967). *Wall Rock Alteration*. New York: H.L Barnes.

Piedra, J. A. (1990). *Contenido de arsénico en suelos como guía para la búsqueda de yacimientos auríferos*. Guayaquil.

Quishpe, D. (2013). *Interpretación geoquímica de los resultados de laboratorio de las muestras de sedimentos fluviales correspondiente a la zona Sigchos- Totorillas a (5.000km²), con aplicación minera y ambiental*. Quito.

Rengel, J. (1990). *Contenido de arsenico en suelos como una guía en la búsqueda de yacimientos auríferos*. Guayaquil, Ecuador.

Vassallo, L. F. (2008). *Yacimientos minerales metalicos*. 88. Queretaro, Mexico.

7.2. ANEXOS

Anexo A: Reporte de laboratorio de las muestras de suelo y roca para elementos de As, Sb.

[illegible]


Anexo B: Fichas de muestreo de rocas.

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA	Morona Santiago			
	CANTON	Limón Indanza			
	SECTOR	Yunganza			
COORDENADAS UTM	ESTE: 788294	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:		
	NORTE: 9683585				
	COTA: 1051	R. 01	04/11/2016		
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE	X	ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
	DIACLASAS	X		N30E	50NW
	CIZALLA		POTENCIA	20 m	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Roca metamórfica, color gris oscuro.				
MINERALOGÍA	Roca silicificada, con granos y vetillas de cuarzo.				
OBSEVACIONES	La muestra fue tomada, al margen derecho del rio, en el margen izquierdo se puede observar un plegamiento. (Anticlinal).				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				

Anexo C

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA		Morona Santiago		
	CANTON		Limón Indanza		
	SECTOR		Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788028		CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683214				
	COTA: 1036		R. 02	04/11/2016	
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS \pm : 5 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N30E	70NW
	DIACLASAS	X	POTENCIA	40 m	
CIZALLA		LONGITUD	200 m		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Roca de color gris (esquisto)				
MINERALOGÍA	Pirita diseminada.				
OBSEVACIONES	<i>La muestra fue tomada junto a un arroyo.</i>				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				


Anexo D

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA		Morona Santiago		
	CANTON		Limón Indanza		
	SECTOR		Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788668		CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683300				
	COTA: 1040		R. 03	04/11/2016	
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS ±: 4 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO				
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N30E	55NW
	DIACLASAS		POTENCIA	15 m	
CIZALLA	X	LONGITUD	100 m		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Muestra de esquistos, tomada en la zona de contacto, entre esquistos-cuarcita.				
MINERALOGÍA	Matriz oscura de grano fino, con alto grado de meteorización, y un porcentaje de óxido de hierro.				
OBSEVACIONES	La muestra fue tomada a 3 tres metros de la vía.				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				



Anexo E

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA	Morona Santiago			
	CANTON	Limón Indanza			
	SECTOR	Yunganza			
COORDENADAS UTM	ESTE: 788668	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:		
	NORTE: 9683300				
	COTA: 990	R. 04	04/11/2016		
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS ±: 4 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO				
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N30E	55NW
	DIACLASAS		POTENCIA	15 m	
CIZALLA	X	LONGITUD	100 m		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Muestra de cuarcita, tomada en la zona de contacto, entre cuarcita-esquisto.				
MINERALOGÍA	Se puede observar pequeños cristales de cuarzo, matriz gris oscura de grano fino, presenta oxidación.				
OBSEVACIONES	<i>La muestra fue tomada a tres metros de la vía.</i>				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				


Anexo F

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS			
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA		Morona Santiago	
	CANTON		Limón Indanza	
	SECTOR		Yunganza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788985		CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9682730			
	COTA: 1192		R. 05	04/11/2016
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO	<input checked="" type="checkbox"/>	ERRO DE GPS ±: 4 m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	<input type="checkbox"/>		
	LLUVIA	<input type="checkbox"/>		
ESTRUCTURAS	FALLA	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO:	
	PLIEGUE	<input type="checkbox"/>	ORIENTAC.	RUMBO N60E
				BUZAM. 56SW
	DIACLASAS	<input checked="" type="checkbox"/>	POTENCIA	10 m
CIZALLA	<input type="checkbox"/>	LONGITUD	20 M	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Muestra de granodiorita, tomada en una zona de falla, a cincuenta cm de la falla, a 5 metros de la zona de contacto entre el intrusivo de granodiorita y la caliza.			
MINERALOGÍA	Vetillas de cuarzo.			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada bajo la falla, a 12 metros de la vía.</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			



Anexo G

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA		Morona Santiago		
	CANTON		Limón Indanza		
	SECTOR		Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788985		CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682730				
	COTA: 1192		R. 06	04/11/2016	
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS ±: 4 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO				
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA	X	TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N60E	56SE
	DIACLASAS	X	POTENCIA	10 m	
CIZALLA		LONGITUD	20 m		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Muestra tomada en el plano de falla, a 5 metros de la zona de contacto entre el intrusivo de granodiorita y la caliza.				
MINERALOGÍA	Presenta un grado de cohesión, Se puede observar las estrías de deslizamiento.				
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 12 m de la vía.</i>				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				

Anexo H

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA	Morona Santiago			
	CANTON	Limón Indanza			
	SECTOR	Yunganza			
COORDENADAS UTM	ESTE: 788080	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:		
	NORTE: 9682425	R. 07	04/11/2016		
	COTA: 1309				
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 2 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE	X	ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
	DIACLASAS	X	POTENCIA	6 m	
	CIZALLA		LONGITUD	10 m	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	La roca es una cuarcita, se encuentra en forma de bloques, a los costados presenta suelo residual, producto de la meteorización.				
MINERALOGÍA	Incrustaciones de vetillas de cuarzo, también presenta oxidación de hierro y manganeso.				
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 2 metros de la vía.</i>				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				

Anexo I

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA		Morona Santiago		
	CANTON		Limón Indanza		
	SECTOR		Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788694		CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682720				
	COTA: 1272		R. 08	04/11/2016	
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS \pm : 3 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N55E	70 SE
	DIACLASAS	X	POTENCIA	20 m	
CIZALLA		LONGITUD	18 m		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Muestra del intrusivo de granodiorita, en la zona de contacto con el esquistos.				
MINERALOGÍA	Presenta feldespatos potásico, cuarzo y feldespatos sódicos.				
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 2 metros de la vía.</i>				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				

Anexo J

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
ÁREA DE ESTUDIO	PROVINCIA	Morona Santiago			
	CANTON	Limón Indanza			
	SECTOR	Yunganza			
COORDENADAS UTM	ESTE: 788257	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:		
	NORTE: 9683333				
	COTA: 973	R. 09	04/11/2016		
CONDICIONES GEOGRÁFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS \pm : 3 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
				N35E	55NW
	DIACLASAS	X	POTENCIA	12 m	
CIZALLA		LONGITUD	20 m		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	Muestra de una veta de cuarzo.				
MINERALOGÍA	Presenta granos finos de cuarzo, con algo de oxidación.				
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada junto a la vía, a siete metros del arroyo.</i>				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				

Anexo K

	FICHA PARA MUESTREO DE ROCAS				
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA	Morona Santiago			
	CANTON	Limón Indanza			
	SECTOR	Yungantza			
COORDENADAS UTM	ESTE: 789099	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:		
	NORTE: 9683510				
	COTA: 990	R. 10	04/11/2016		
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS \pm : 3 m	PESO: 1 kg	
	SOLEADO	X			
	LLUVIA				
ESTRUCTURAS	FALLA		TIPO:		
	PLIEGUE		ORIENTAC.	RUMBO	BUZAM.
	DIACLASAS		POTENCIA		
CIZALLA		LONGITUD			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	Roca cuarcita con silicificación se puede apreciar mineralización				
MINERALOGIA	Infiltraciones de cuarzo y calcopirita				
OBSEVACIONES	Muestra tomada junto a la vía				
RESPONSABLE	Jorge Ramones				

Anexo L: Fichas de muestro de suelo.

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO		
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago	
	CANTON:	Limón Indanza	
	SECTOR:	Yunganza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788893	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9683530		
	COTA: 1006	S. 01	04/11/2016
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m
	SOLEADO	X	
	LLUVIA		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Gris oscuro HUMEDAD: Húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilloso PROFUNDIDAD: 40 cm		
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en una planicie, a 150 metros aproximadamente del rio.</i>		
RESPONSABLE	Jorge Ramones		

Anexo M

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788360	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683478			
	COTA: 960	S. 02	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 2m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	X		
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Gris claro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Limo arcilloso, con fragmentos de esquisto PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en una planicie, al margen derecho del rio, a 15 de altura del mismo.</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo N

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788015	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683240			
	COTA:	S. 03	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	X		
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café claro HUMEDAD: ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla con fragmentos de esquisto PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un pastizal, con una inclinación del terreno de 15 grados, a 50 metros de un arroyo.</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo O

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO		
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago	
	CANTON:	Limón Indanza	
	SECTOR:	Yungantza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788366	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9683153		
	COTA: 990	S. 04	04/11/2016
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 2 m
	SOLEADO	X	
	LLUVIA		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café claro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Limo Arcilloso, con fragmentos de esquistos PROFUNDIDAD: 40 cm		
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 30 m de una quebrada, con la inclinación del terreno de 35 grados.</i>		
RESPONSABLE	Jorge Ramones		

Anexo P

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788755	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683502			
	COTA: 976	S. 05	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS ±: 5 m	
	SOLEADO			PESO: 1 kg
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla limosa PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un pastizal, con una pendiente del terreno aproximada de 30 grados.</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo Q

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yunganza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 789099	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683510			
	COTA: 990	S. 06	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS ±: 4 m	
	SOLEADO			PESO: 1 kg
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcillas PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un pastizal, con una inclinación del terreno de 45 grados aproximadamente, a 70 m de una quebrada</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo R

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 789100	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683139			
	COTA: 1036	S. 07	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO	<input checked="" type="checkbox"/> X	ERRO DE GPS ±: 4 m	
	SOLEADO	<input type="checkbox"/>		PESO: 1 kg
	LLUVIA	<input type="checkbox"/>		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Limo arcilloso PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>La muestra fue tomada en una planicie, en la parte superior está compuesto por clastos angulosos de hasta 30 cm</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo S

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788750	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9683152			
	COTA: 1046	S. 08	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO	X	ERRO DE GPS ±: 4 m	
	SOLEADO			PESO: 1 kg
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Gris oscuro HUMEDAD: Baja TIPO DE MATERIAL: Limo arcilloso con fragmentos de esquisto PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 12 metros de una vía de tercer orden, en un pastizal, con una inclinación del terreno de 12 grados</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo T

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 789065	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682751			
	COTA: 1159	S. 09	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 6m	
	SOLEADO			PESO: 1 kg
	LLUVIA	X		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Gris claro HUMEDAD: Baja TIPO DE MATERIAL: Limo arcilloso PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada cerca de una quebrada, inclinación del terreno 15 grados</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo U

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO		
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago	
	CANTON:	Limón Indanza	
	SECTOR:	Yungantza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788098	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9682490		
	COTA: 1306	S. 10	04/11/2016
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m
	SOLEADO	X	
	LLUVIA		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café claro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Limo arcilloso con pequeños fragmentos PROFUNDIDAD: 40 cm		
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 40 metros de una quebrada, con una inclinación del terreno de 40 grados aproximadamente.</i>		
RESPONSABLE	Jorge Ramones		

Anexo V

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788092	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682796			
	COTA: 1170	S. 11	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	X		
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla-limosa PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 30 metros de una quebrada, con una inclinación del terreno de 15 grados aproximadamente</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

Anexo W

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO		
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago	
	CANTON:	Limón Indanza	
	SECTOR:	Yungantza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788458	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9682511		
	COTA: 1371	S. 12	04/11/2016
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m
	SOLEADO	X	
	LLUVIA		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla-limosa PROFUNDIDAD: 40 cm		
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un pastizal, con una inclinación del terreno de 40 grados aproximadamente</i>		
RESPONSABLE	Jorge Ramones		

Anexo X

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788450	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682800			
	COTA: 1290	S. 13	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 2 m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	X		
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café oscuro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla-limosa PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un pastizal, con una inclinación del terreno de 25 grados aproximadamente</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			


Anexo Y

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788801	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682508			
	COTA: 1309	S. 14	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	X		
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café claro HUMEDAD: Muy baja TIPO DE MATERIAL: Limo-arcilloso PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un bosque, con pendiente del terreno mayor a 55 grados</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

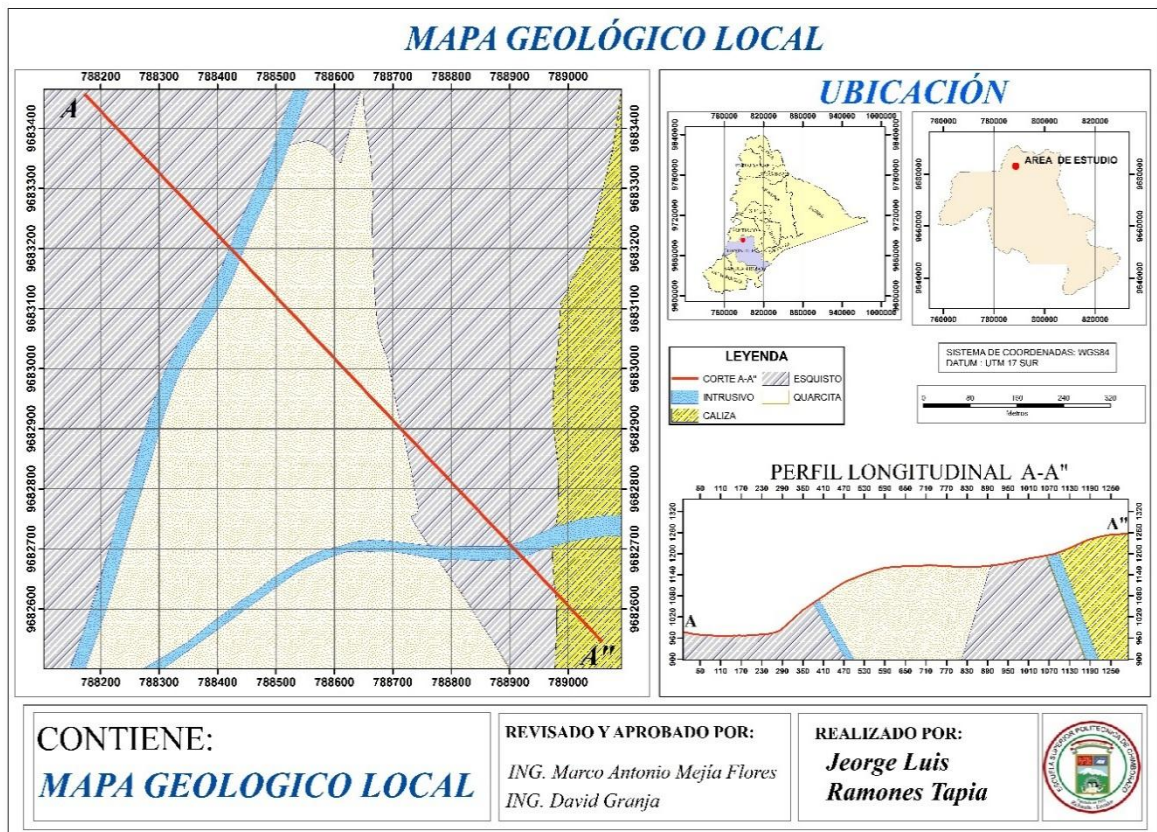
Anexo Z

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO			
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago		
	CANTON:	Limón Indanza		
	SECTOR:	Yungantza		
COORDENADAS UTM	ESTE: 788750	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:	
	NORTE: 9682800			
	COTA: 1164	S. 15	04/11/2016	
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 3 m	PESO: 1 kg
	SOLEADO	X		
	LLUVIA			
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Gris oscuro HUMEDAD: Muy húmedo TIPO DE MATERIAL: Limo PROFUNDIDAD: 40 cm			
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada en un bosque, con pendientes del terreno mayores a 40 grados</i>			
RESPONSABLE	Jorge Ramones			

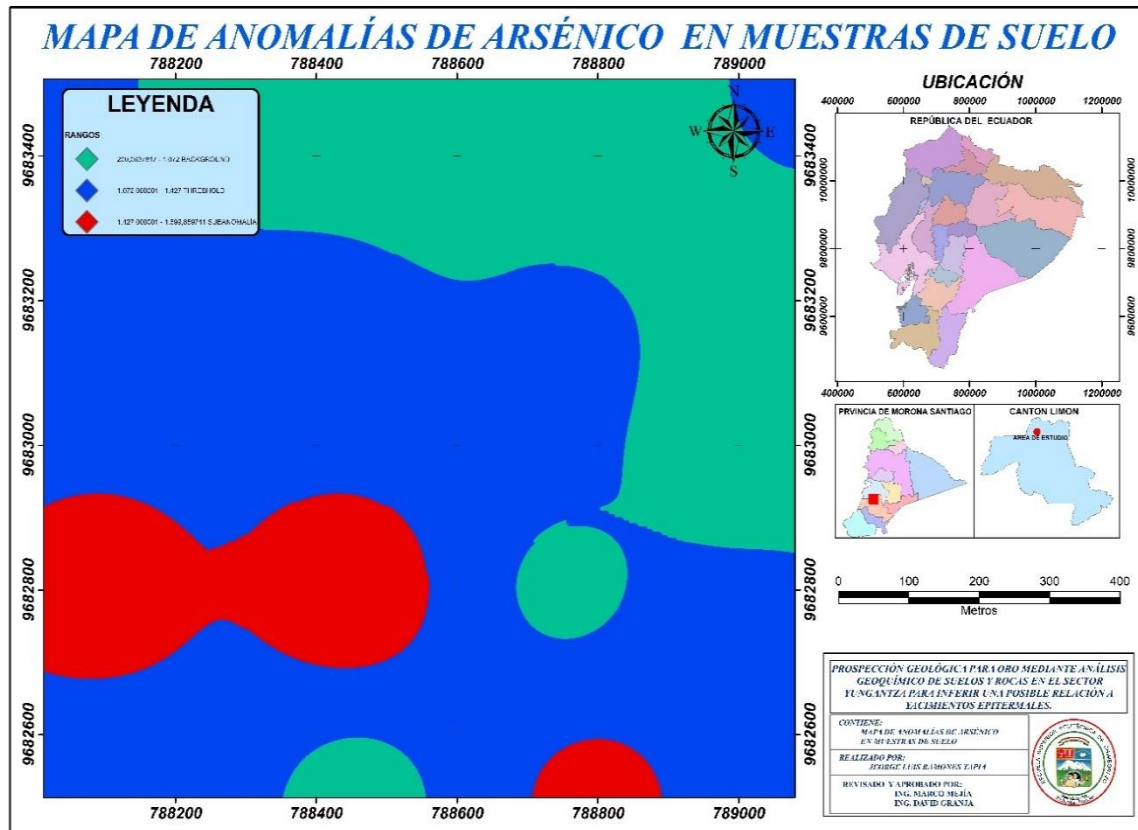
Anexo AA

	FICHA PARA MUESTREO DE SUELO		
AREA DE ESTUDIO	PROVINCIA:	Morona Santiago	
	CANTON:	Limón Indanza	
	SECTOR:	Yunganza	
COORDENADAS UTM	ESTE: 788105	CODIGO DE MUESTRA:	FECHA:
	NORTE: 9682503		
	COTA: 1275	S. 16	04/11/2016
CONDICIONES GEORAFICAS	NUBLADO		ERRO DE GPS ±: 2 m
	SOLEADO	X	
	LLUVIA		
DESCRIPCION DE LA MUESTRA	COLOR: Café claro HUMEDAD: Ligeramente húmedo TIPO DE MATERIAL: Arcilla-limosa PROFUNDIDAD: 40 cm		
OBSEVACIONES	<i>Muestra tomada a 30 metros de la vía, con una inclinación del terreno de 50 grados aproximadamente</i>		
RESPONSABLE	Jorge Ramones		

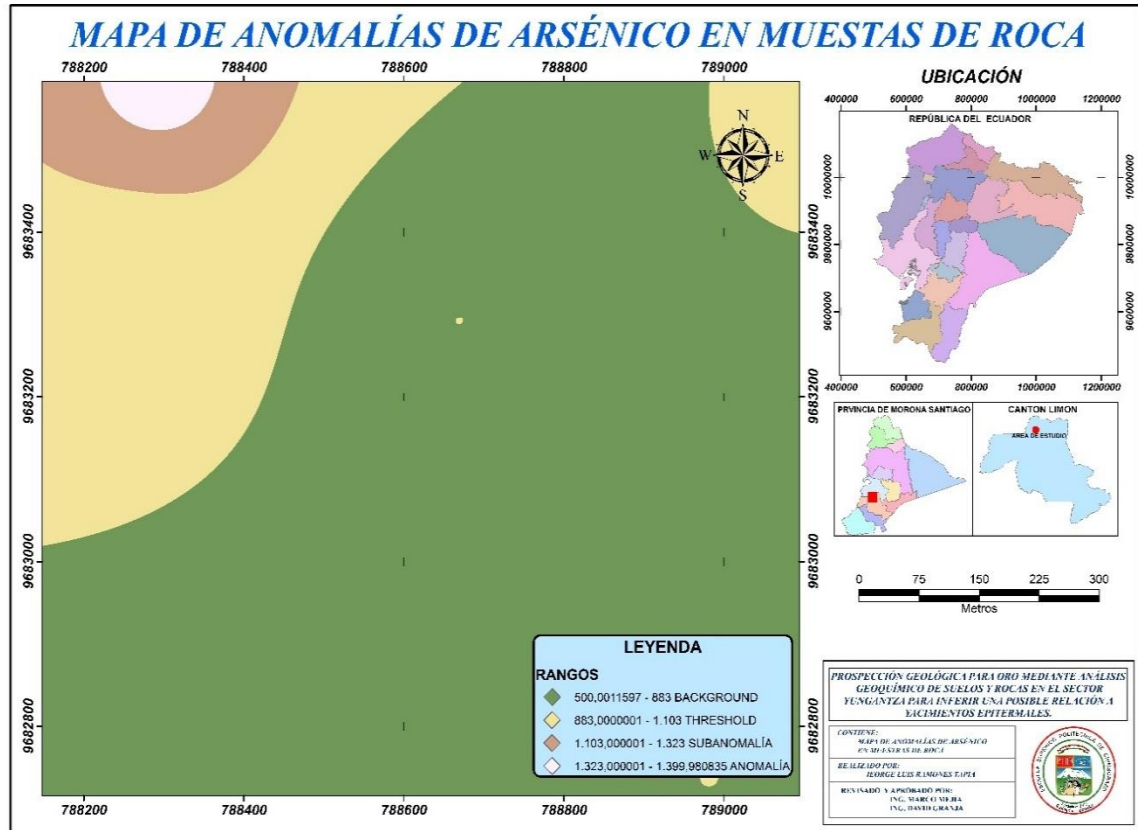
Anexo AB: Mapa Geológico Local.



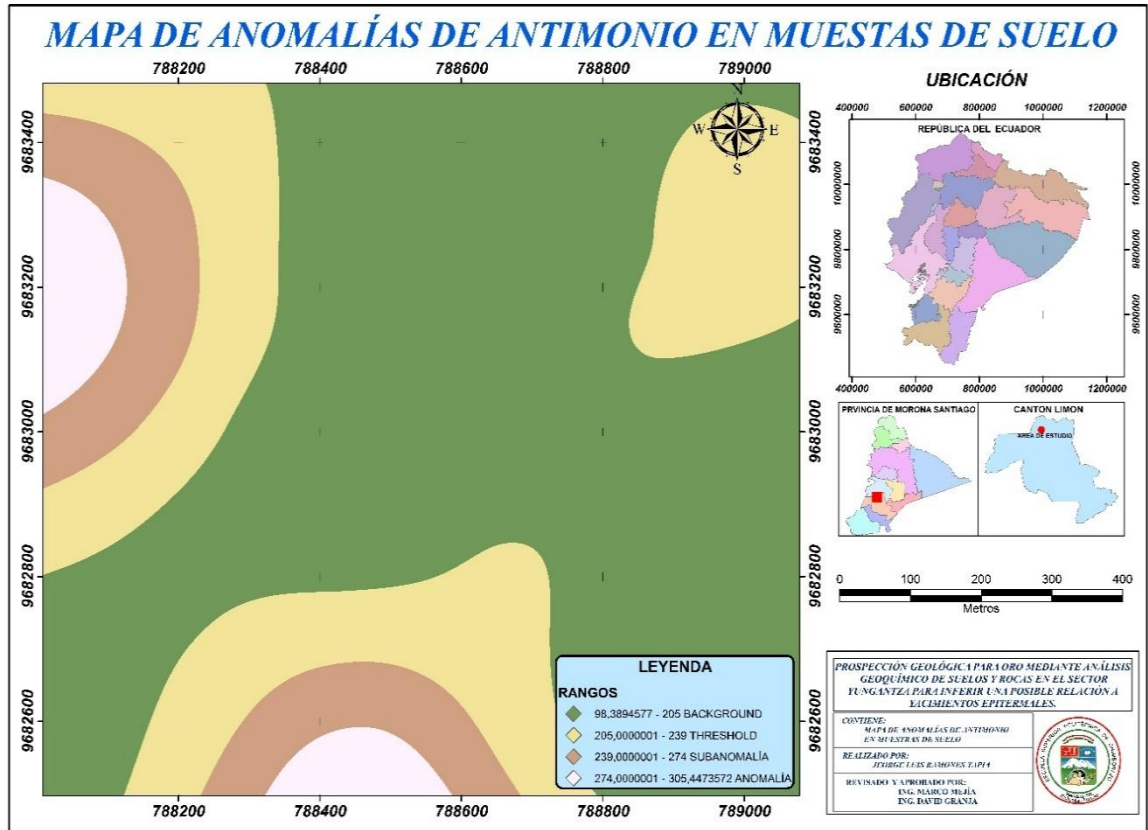
Anexo AC: Mapa de anomalía de Arsénico en suelo.



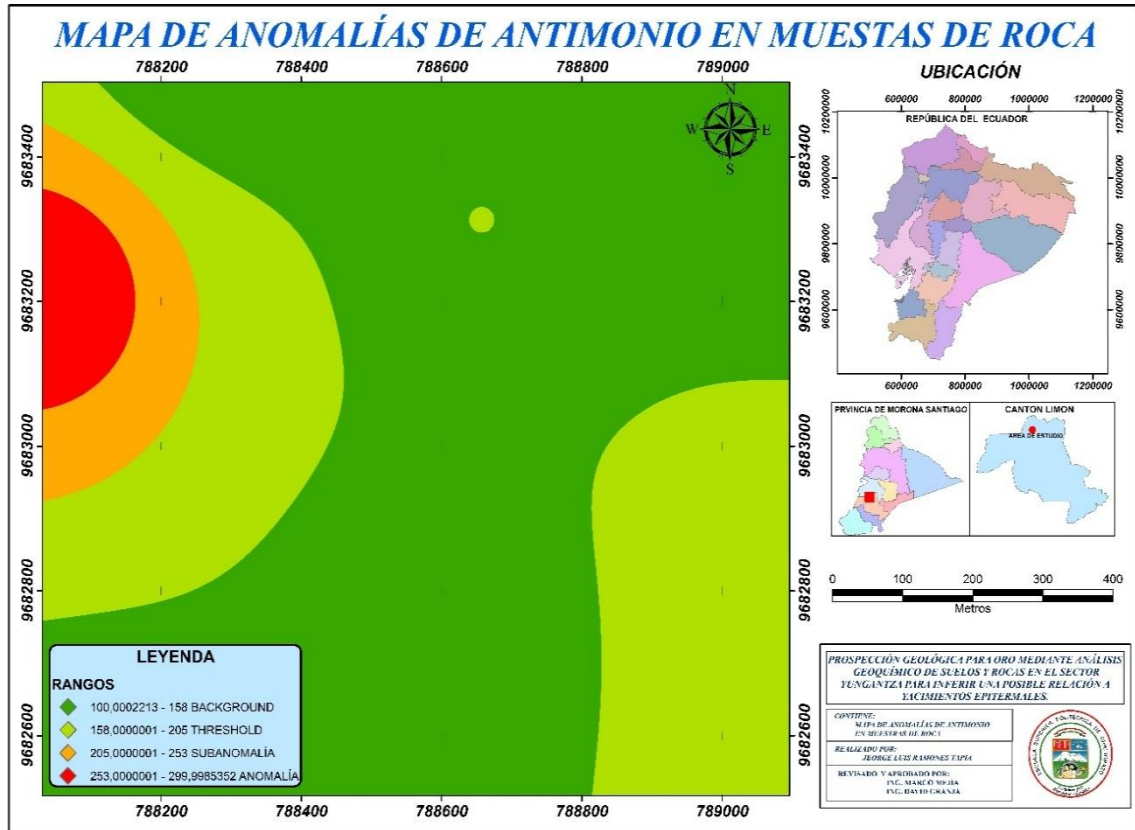
Anexo AD: Mapa de anomalía de Arsénico en roca.



Anexo AE: Mapa de anomalía de Antimonio en suelo.



Anexo AF: Mapa de anomalía de Antimonio en roca.



Anexo AG: Certificado de designación del laboratorio Albexus



Ministerio
de **Industrias**
y **Productividad**



MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD
SUBSECRETARÍA DEL SISTEMA DE LA CALIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD

CERTIFICADO DE DESIGNACIÓN

Resolución No. 16 455

Laboratorio de Ensayos:

Laboratorio Metalúrgico
ALBEXXUS CIA. LTDA.

Ángel Salvador Ochoa 1301 y Bernardo Aguilar, Piñas - El Oro,

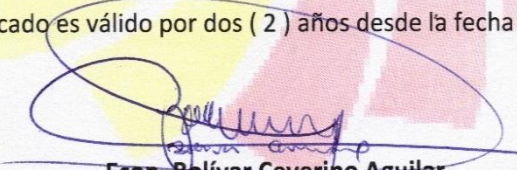
Ha cumplido con los términos y condiciones para realizar actividades de ensayos en:
"BARRA DE ORO - JOYA DE ORO. MINERALES SULFURADOS, OXIDADOS Y
CONCENTRADOS POLIMETÁLICOS: Método de Ensayo o Referencia:

MEIMC – 001

EN ISO 11426

MEIEFM-001

Este certificado es válido por dos (2) años desde la fecha de emisión


Econ. Bolívar Ceverino Aguilar
SUBSECRETARIO DEL SISTEMA DE LA CALIDAD
DE LA PRODUCTIVIDAD, SUBROGANTE



Quito, 24 de noviembre de 2016

Anexo AH: Tabla de modelos geológicos de yacimientos minerales del Ecuador

TABLA DE MODELOS GEOLÓGICOS DE YACIMIENTOS DE MINERALES METÁLICOS

NOMBRE DEL YACIMIENTO.	MODELO	ASOCIACION MINERAL	TIPO DE YACIMIENTO.	ETAPA
Proyecto Minero Rio Zarza (Fruta Del norte)	Rocas volcánicas Brecha hidrotermal Rocas hipo abisales Rocas intrusivas	Sulfuros , carbonatos, silicatos elementos volátiles (Hg, As)	Epitermal Polimetálico de Oro y Plata	Factibilidad
Proyecto Minero Bella Rica	Rocas volcánicas, andesitas y basálticas, diabasas, brechas, todas estas de la formación <u>Macuchi.</u>	Pb, Zn, Ag, Cu, Mo y Ni	Hidrotermales de Cobre Porfídico Diseminado y Vetas Polimetálicas(mineral de interés el oro)	Explotación
Proyecto Minero Caya 21 y Currigem 8 (Warints)	Rocas volcánicas Brecha hidrotermal Rocas hipo abisales Rocas intrusivas	Sulfuros Primarios, secundarios y silicatos	Pórfido Polimetálico de cobre y Molibdeno.	Exploración Inicial
Proyecto Minero Vetas Grandes	Rocas volcánicas Brecha hidrotermal Rocas hipo abisales Rocas intrusivas	Sulfuros , carbonatos, silicatos elementos volátiles (Hg, As)	Epitermal de Baja Sulfatación, Oro y Plata	Exploración Avanzada
Proyecto Minero Caña Brava	Rocas volcánicas Brecha hidrotermal Rocas hipo abisales Rocas intrusivas	Sulfuros, carbonatos, silicatos elementos volátiles (Hg, As. Sulfuros Primarios, secundarios y silicatos.	En Superficie Epitermal de Alta Sulfatación, Oro y Plata. En Profundidad Pórfido de Oro y Cobre.	Exploración Inicial